

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**PROPUESTA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN  
FINAL DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN  
EL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS DEL  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS  
NATURALES.**

PRESENTADO POR:

**ROCÍO ALEJANDRINA FLORES COTO  
PEDRO ALEXYS VALLADARES CORTEZ  
WALTER ALEJANDRO VILLEGAS PORTILLO**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2013

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**SECRETARIA GENERAL :**

**DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**SECRETARIO :**

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**DIRECTOR :**

**ING. TANIA TORRES RIVERA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO QUÍMICO**

Título :

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE  
LOS RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN EL  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS DEL MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.**

Presentado por :

**ROCÍO ALEJANDRINA FLORES COTO**

**PEDRO ALEXYS VALLADARES CORTEZ**

**WALTER ALEJANDRO VILLEGAS PORTILLO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Directora :

**Inga. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA**

Docente Directora Externa :

**Licda. REGINA DEL CARMEN CORTEZ RODRÍGUEZ**

San Salvador, Octubre 2013

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

**Inga. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA**

Docente Director Externo :

**Licda. REGINA DEL CARMEN CORTEZ RODRÍGUEZ**



## **Agradecimientos**

Le agradezco a Dios y a Virgen María por acompañarme en todo lo largo de mi carrera, darme fortaleza y sabiduría.

Les doy las gracias a mis padres Lucio Flores y Guadalupe Coto de Flores, por el esfuerzo que han realizado apoyándome incondicionalmente para poder llegar al final de mi carrera, por su cariño y comprensión, gracias por siempre confiar en mí.

Agradezco a mi hermana Alma y mis sobrinos Fernando y Daniela, por llevarme en sus oraciones y apoyarme.

Gracias a mis asesoras de tesis, Lic. Regina Cortes e Ing. Eugenia Gamero, por su colaboración y apoyo a lo largo del trabajo de graduación.

Gracias al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales por brindarnos un tema de tesis y por permitir realizar nuestro trabajo de graduación en sus instalaciones.

Mis agradecimientos especiales a mis docentes durante toda la carrera en especial a, Ing. Delmy Rico, Ing. Cecilia de Flamenco e Ing. Tania Torres, por ser excelentes docentes, por su apoyo y enseñanza a lo largo de mi carrera.

Agradezco a mis amigas Luz Benítez, Marcia Calderón, Sara Hernández, Andrea Meneses y Laura Rivera, por todos los momentos juntas, su apoyo, amistad y cariño.

Les agradezco a mis compañeros de tesis, Pedro y Walter, por hacer un buen equipo y sacar nuestro trabajo de graduación adelante.

Para ellos: Infinitas gracias y que Dios los bendiga.

**Rocío Flores**

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi familia, Don Pedro Valladares, Doña Carmen de Valladares, Mariela Valladares, Claudia Valladares y Concepción Flores quienes han proporcionado sabiduría a mis decisiones y quienes impulsan mis expectativas. Agradezco a mis tutores por su disposición, su paciencia, su entrega. Agradezco a mis amigos, con quienes he crecido y compartido y a todo aquel que de alguna manera ha contribuido a conservarme y a mejorarme.

Y agradezco al Creador, quien nos ha dotado de razón y quien, hasta entonces, me permite avanzar a nuevos conocimientos.

**Pedro Valladares.**

## Agradecimientos

*“¿Cómo pagar a mi Señor todo el bien que me ha hecho? Alzare la copa de la salvación e invocare el nombre de mi Dios. Cumpliré mis votos a Él en presencia de todo el pueblo.”*

*Salmos 116, 12-14.*

Quiero agradecer a todos aquellos que se involucraron en la edición de este documento, a quienes se preocuparon y me acompañaron hasta el final, gracias por su cariño, comprensión, enseñanzas y apoyo. A todos los llevo en el corazón y elevo oraciones a nuestro Señor para que los bendiga. Agradezco en especial a mi Señor por ser mi apoyo, consejero y paño de lágrimas. Por levantarme en los momentos difíciles y sonreír conmigo en las alegrías.

Con Cariño

**Walter A. Villegas**

# RESUMEN

---

En el presente trabajo propone una gestión para los residuos y desechos generados dentro del laboratorio de calidad de agua del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, donde anteriormente solo se almacenaban y no se contaba con un registro de los mismos. Los residuos son provenientes de 56 análisis realizados para calidad de agua además de sedimentos, donde muchos de estos análisis generan residuos con alta peligrosidad, que de ser desechados sin un tratamiento producirían contaminación al ambiente y al ser humano, ya que algunos de estos son cancerígenos y mutágenos. La propuesta se diseñó según las divisiones de áreas, ya establecidas dentro del laboratorio de calidad de aguas, las cuales son área de absorción atómica, área de análisis fisicoquímico de la primera planta, área de análisis fisicoquímico de la segunda planta y área de bacteriología.

Con la determinación de la peligrosidad de cada residuo generado en los análisis de calidad de agua, además de examinar cada uno de los reactivos utilizados y los productos generados, se pudo determinar que residuos requería de un tratamiento para su adecuada disposición final. Conociendo la peligrosidad de los componentes en los residuos, se prosiguió a la utilización de métodos aplicando tratamientos de separación, aislamiento y desactivación mediante la precipitación, destilación y neutralización, consiguiendo así reducir el volumen y peligrosidad en los residuos y desechos. Se propone un total de 16 tratamientos para las distintas áreas del laboratorio, incluyendo procedimientos para derrames y recuperación de reactivos, donde la efectividad varía de 44.17% y 99.91%.

Dentro de este trabajo podrá encontrar propuestas de etiquetado, almacenamiento, fichas de control, planes de riesgo, manual de higiene y seguridad y un manual de evaluación de gestión de tratamiento de residuos según legislaciones nacionales y extranjeras.

Para estudios posteriores se puede realizar estudios de peligrosidad física y radiactiva, además de realizar estudio de generación de gases tóxicos.

# CONTENIDO

---

CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	xi
ABREVIATURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. MARCO TEÓRICO.....	3
1 MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 CALIDAD DE AGUA.....	3
1.1.1 TIPOS DE CALIDAD DE AGUA.....	4
1.1.2 GENERALIDAD DEL TRATAMIENTO DE AGUAS.....	8
1.2 GENERALIDADES DE LOS LABORATORIOS DE CALIDAD DE AGUA.....	9
1.2.1 PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS.....	10
1.3 RESIDUO Y DESECHOS DE LOS LABORATORIOS DE CALIDAD DE AGUA DEL MARN.....	12
1.3.1 TIPOS DE RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN EL LABORATORIO.....	13
1.3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LOS LABORATORIOS DE CALIDAD DE AGUA.....	14
1.4 GESTIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS EN LOS LABORATORIOS DE CALIDAD DE AGUAS.....	16
1.4.1 PREVENCIÓN Y MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS TÓXICOS GENERADOS DE LABORATORIOS DE CALIDAD DE AGUA.....	17
1.4.2 REUTILIZACIÓN.....	18
1.4.3 RECUPERACIÓN.....	20
1.4.4 RECICLAJE.....	21
1.4.5 ALMACENAMIENTO.....	24
1.4.6 TRATAMIENTOS ESPECÍFICOS APLICADOS A RESIDUOS.....	32
1.4.7 ETIQUETADO DE RESIDUOS PELIGROSOS.....	37
1.4.8 MANEJO Y TRANSPORTE DE DESECHOS.....	40

1.4.9	DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS. ....	47
1.5	PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LABORATORIOS DE CALIDAD DE AGUA .....	62
1.5.1	APLICACIÓN.....	64
1.6	EFEECTO DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS AL MEDIO AMBIENTE.....	68
CAPITULO II. DIAGNOSTICO GENERAL DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. ....		
2	DIAGNOSTICO GENERAL DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. ....	70
2.1	GENERALIDADES DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. ....	70
2.1.1	HISTORIA DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DEL MARN. ....	72
2.1.2	ORGANIGRAMA DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DEL MARN.....	73
2.1.3	DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS.....	74
2.1.4	TIPOS DE PRUEBAS REALIZADAS EN CADA ÁREA. ....	79
2.2	ÁREA DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO. ....	80
2.2.1	ANÁLISIS FISICOQUÍMICO PRIMERA PLANTA .....	80
2.2.2	ANÁLISIS FISICOQUÍMICO SEGUNDA PLANTA.....	90
2.3	ÁREA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	104
2.4	ÁREA DE BACTERIOLOGÍA.....	112
2.5	ÁREA DE QUIPO CALIENTE.....	114
2.6	CUARTOS DE LAVADO.....	116
2.6.1	CUARTO DE LAVADO SEGUNDA PLANTA.....	116
2.6.2	CUARTO DE LAVADO PRIMERA PLANTA.....	119
2.7	ÁREA DE BODEGAS DE REACTIVOS.....	121
2.7.1	BODEGA DE REACTIVOS.....	121
2.7.2	BODEGA DE ÁCIDOS .....	122
2.8	ÁREA DE CISTERNA Y CILINDRO DE GAS.....	123
2.9	RESIDUOS Y DESECHO DENTRO DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS DEL MARN.....	123
2.10	DESECHOS SÓLIDOS .....	134
CAPITULO III. PROPUESTA GENERAL PARA EL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. ....		
3	PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN EL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS DEL MARN.....	135
3.1	ALMACENAMIENTO .....	135
3.1.1	DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DE DESECHO.....	135

3.1.2	ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD DE SUSTANCIAS Y PELIGROSIDAD.....	149
3.1.3	ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN.....	153
3.1.4	ETIQUETADO DE RESIDUOS.....	154
3.1.5	ACONDICIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL.....	158
3.1.6	ANÁLISIS DE ENVASADO Y SEGREGACIÓN.....	160
3.1.7	MANEJO Y MANIPULACIÓN DE RESIDUOS .....	170
3.1.8	PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN ALMACÉN PARA RESIDUOS GENERADOS DENTRO DEL LABORATORIO.....	174
3.2	PLAN DE RIESGO Y ACCIDENTES.....	177
3.2.1	RIESGO ASOCIADO A LOS RESIDUOS PELIGROSOS.....	177
3.2.2	EVALUACIÓN DE RIESGO.....	178
3.2.3	ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD .....	180
3.2.4	ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN.....	181
3.2.5	PLAN DE EMERGENCIA DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. ....	183
3.2.6	NORMAS GENERALES DE TRABAJO .....	198
3.2.7	PROPUESTA DE MANUAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA EL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.....	200
3.2.8	MAPA DE RIESGO .....	217
3.3	TRATAMIENTOS .....	219
3.3.1	ÁREA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	219
3.3.2	ÁREA DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO PRIMERA PLANTA .....	219
3.3.3	ÁREA ANÁLISIS FISCOQUÍMICO SEGUNDA PLANTA .....	220
3.3.4	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN: MANEJO Y DESCARTE DE MUESTRA EN EL ÁREA DE BACTERIOLOGÍA.....	222
3.3.5	PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SOLIDOS.....	222
3.3.6	PROCEDIMIENTO ANTE DERRAMES .....	223
3.3.7	PROCEDIMIENTOS PARA LA RECUPERACIÓN DE RESIDUOS.....	224
3.4	DISPOSICIÓN FINAL.....	224
3.5	METODOLOGÍA EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS Y DESECHOS GENERADOS EN EL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.....	226
CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....		233
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	233

4.1	ÁREA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	233
4.1.1	METALES PESADOS.....	233
4.2	ÁREA DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO PRIMERA PLANTA.....	249
4.2.1	CLORUROS .....	249
4.2.2	RECUPERACIÓN DE ÉTER.....	250
4.3	ÁREA DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA SEGUNDA PLANTA.....	253
4.3.1	CIANUROS .....	253
4.3.2	CROMO HEXAVALENTE.....	255
4.3.3	DETERGENTES.....	257
4.3.4	RECUPERACIÓN DEL BENCENO.....	259
4.3.5	DQO.....	261
4.3.6	FENOLES .....	266
4.3.7	FLUORUROS .....	268
4.3.8	NITRITOS Y NITRATOS .....	269
4.3.9	NITRÓGENO AMONIACAL Y NTK .....	272
4.3.10	SÍLICE, FOSFATO Y FOSFORO TOTAL.....	273
4.3.11	SULFATOS Y SULFUROS.....	276
	CONCLUSIONES.....	281
	RECOMENDACIONES .....	283
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	284
	BIBLIOGRÁFICA GRAFICA .....	284
	BIBLIOGRÁFICA DIGITAL.....	286
	ANEXO.....	287
A.	ANEXO 1: DECRETO QUE OFICIALIZA LA CREACIÓN DE OBSERVATORIO NACIONAL AMBIENTAL, ANTES SNET. ....	287
B.	ANEXO 2: FICHA DE TRATAMIENTOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS	290
1.	ÁREA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	290
1.1	METALES PESADOS .....	290
2.	ÁREA DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO PRIMERA PLANTA.....	293
2.1	ACEITES Y GRASAS-CALCIO-DUREZA-ALCALINIDAD-BUFFERPH- CONDUCTIVIDAD.....	293
2.2	CLORUROS.....	296
3.	ÁREA ANÁLISIS FISICOQUÍMICO SEGUNDA PLANTA.....	299
3.1	CIANURO.....	299
3.2	CROMO HEXAVALENTE .....	302



3.3	DETERGENTES .....	304
3.4	DQO .....	307
3.5	FENOLES.....	310
3.6	FLORUROS .....	313
3.7	NITRITOS Y NITRATOS .....	316
3.8	NITRÓGENO AMONIACAL – NTK .....	318
3.9	SÍLICE-FOSFATO-FOSFORO TOTAL .....	321
3.10	SULFATOS-SULFUROS .....	324
4.	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN: MANEJO Y DESCARTE DE MUESTRA EN EL ÁREA DE BACTERIOLOGÍA.....	327
5.	PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS. ....	331
5.1	CRISTALERÍA .....	331
5.2	GUANTES .....	334
5.3	PAPEL DE OFICINA .....	336
5.4	PAPEL DE OPERACIONES .....	338
6.	PROCEDIMIENTO ANTE DERRAMES.....	340
7.	PROCEDIMIENTOS PARA LA RECUPERACIÓN DE RESIDUOS.....	342
7.1	ÉTER.....	342
7.2	BENCENO .....	344
C.	ANEXO 3. ACTUALIZACIÓN DE LOS PICTOGRAMAS DE SEGURIDAD .....	346
D.	ANEXO 4. ANÁLISIS DE PARÁMETROS OBLIGATORIOS PARA LAS AGUAS RESIDUALES DEL TIPO ESPECIAL .....	348
E.	ANEXO 5. PROPUESTA DE HOJA DE REGISTRO DE MANEJO DE RESIDUOS.....	351
F.	ANEXO 6. ETIQUETAS PARA EL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.....	352
G.	ANEXO 7. GLOSARIO .....	360
H.	ANEXO 8. NORMAS PARA ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS .....	364
I.	ANEXO 9: NORMATIVA NACIONAL PARA EL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS... 367	
J.	ANEXO 10: EJEMPLO DE CÁLCULO PARA LA PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA, OBTENIDOS A PARTIR DEL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS.....	373

## Índice de Tablas

TABLA 1.1: VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES .....	6
TABLA 1.2: CONTAMINANTES DE INTERÉS. ....	7
TABLA 1.3: NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. ....	9
TABLA 1.4: TIPOS DE RESIDUOS. ....	15
TABLA 1.5: CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS SEGÚN SU GRUPO QUÍMICO. ....	16
TABLA 1.6: TRATAMIENTO PREVIO A LA RECUPERACIÓN. ....	20
TABLA 1.7: INCOMPATIBILIDAD QUÍMICA DE SUSTANCIAS ALMACENADAS.....	32
TABLA 1.8: TIPOS DE TRATAMIENTO FÍSICO. ....	34
TABLA 1.9: TIPOS DE TRATAMIENTO QUÍMICO. ....	34
TABLA 1.10: TIPOS DE TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO. ....	35
TABLA 1.11: TIPOS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS.....	36
TABLA 1.12: TIPOS DE TRATAMIENTO TÉRMICO. ....	37
TABLA 1.13: CONTENIDO DE ETIQUETADO. ....	38
TABLA 1.14: PICTOGRAMAS PARA EL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS. ....	39
TABLA 1.15: TIPOS DE ENVASES. ....	41
TABLA 1.16: RECOMENDACIONES REFERENTES AL USO DE ENVASES DE POLIETILENO PARA EL ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS .....	43
TABLA 1.17: COMPUESTOS, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL .....	49
TABLA 1.18: ESTÁNDARES TEMPORALES ESTABLECIDOS POR EL MINISTERIO DE AGRICULTURA DE JAPÓN .....	57
TABLA 1.19: SUSTANCIAS PELIGROSAS QUE GENERAN IMPACTO AL AMBIENTE. ....	69
TABLA 2.1: DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DEL LABORATORIO. ....	79
TABLA 2.2: CRISTALERÍA USADA EN EL ÁREA DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO PRIMERA PLANTA.....	82
TABLA 2.3: EQUIPO INSTRUMENTAL ÁREA DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO PRIMERA PLANTA .....	83
TABLA 2.4: PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL ÁREA DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO PRIMERA PLANTA .....	84
TABLA 2.5: REACTIVOS QUE SE EMPLEAN QUE SE EMPLEAN EN ÁREA DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO PRIMERA PLANTA .....	86
TABLA 2.6: EQUIPO INSTRUMENTAL UTILIZADO DENTRO DEL ÁREA DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO SEGUNDA PLANTA .....	91
TABLA 2.7: CRISTALERÍA.....	92
TABLA 2.8: PARÁMETROS ANALIZADOS .....	93
TABLA 2.9: SUSTANCIAS QUÍMICAS UTILIZADAS DENTRO DEL ÁREA ANÁLISIS FISCOQUÍMICA SEGUNDA PLANTA ....	95
TABLA 2.10: EQUIPO UTILIZADO .....	106
TABLA 2.11: PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL ÁREA DE ABSORCIÓN ATÓMICA .....	107
TABLA 2.12: SUSTANCIAS QUE SE EMPLEAN DENTRO DEL ÁREA DE ANÁLISIS DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	108
TABLA 2.13: EQUIPO INSTRUMENTAL DEL ÁREA DE ANÁLISIS BIOLÓGICO.....	113
TABLA 2.14: EQUIPO INSTRUMENTAL .....	115
TABLA 2.15: EQUIPO INSTRUMENTAL CUARTO DE LAVADO SEGUNDA PLANTA. ....	117
TABLA 2.16: EQUIPO INSTRUMENTAL PARA CUARTO DE LAVADO DE LA PRIMERA PLANTA .....	120
TABLA 2.17: FRECUENCIA DE MUESTREO PARA AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO. ....	125
TABLA 2.18: FRECUENCIA DE MUESTREO PARA AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL .....	126
TABLA 2.19: RESIDUOS GENERADOS EN EL ÁREA DE ABSORCIÓN ATÓMICA .....	128
TABLA 2.20: RESIDUOS GENERADOS DEL ANÁLISIS FISCOQUÍMICO. ....	129
TABLA 3.1: VOLUMEN GENERADO POR CADA PARÁMETRO PARA EL ÁREA DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE LA PRIMERA PLANTA .....	136
TABLA 3.2: VOLUMEN TOTAL PARA EL ÁREA DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE LA PRIMERA PLANTA. ....	139

TABLA 3.3: VOLUMEN GENERADO POR CADA PARÁMETRO PARA EL ÁREA DE FISCOQUÍMICO DE LA SEGUNDA PLANTA .....	141
TABLA 3.4: VOLUMEN TOTAL DE RESIDUO GENERADO EN EL ÁREA DE FISCOQUÍMICO DE LA SEGUNDA PLANTA PARA EL ANÁLISIS DE MUESTRAS. ....	146
TABLA 3.5: VOLUMEN TOTAL DE RESIDUO GENERADO EN EL ÁREA DE FISCOQUÍMICO DE LA SEGUNDA PLANTA PARA EL ANÁLISIS DEL CONTROL DE CALIDAD DE LAS MUESTRAS. ....	147
TABLA 3.6: LABORATORIO DE FISCOQUÍMICO PRIMERA PLANTA .....	151
TABLA 3.7: LABORATORIO DE FISCOQUÍMICO SEGUNDA PLANTA Y ABSORCIÓN ATÓMICA.....	152
TABLA 3.8: LABORATORIO DE FISCOQUÍMICO PRIMERA PLANTA .....	153
TABLA 3.9 LABORATORIO DE FISCOQUÍMICO SEGUNDA PLANTA .....	153
TABLA 3.10: DISTINTIVO PARA CADA ÁREA DENTRO DEL LABORATORIO .....	157
TABLA 3.11 : CANTIDAD DE ALMACENAMIENTO DE RECIPIENTES MÓVILES.....	159
TABLA 3.12: CANTIDAD Y ALTURA MÁXIMA ESTABLECIDAS PARA ALMACENAMIENTO EN ESTIBAS O ESTANTES.....	159
TABLA 3.13: DESCRIPCIÓN DE ACEITES Y GRASAS-CALCIO-DUREZA-ALCALINIDAD-BUFFERPH-CONDUCTIVIDAD.....	161
TABLA 3.14 : DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE CLORURO .....	161
TABLA 3.15:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE CIANUROS.....	163
TABLA 3.16:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE BORO.....	163
TABLA 3.17:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE NITRITOS Y NITRATOS .....	163
TABLA 3.18:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE CROMO HEXAVALENTE.....	164
TABLA 3.19:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE DETERGENTES.....	164
TABLA 3.20:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE FLUORUROS.....	164
TABLA 3.21:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE NITRÓGENO AMONIACAL - NTK.....	165
TABLA 3.22:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE FENOLES.....	165
TABLA 3.23:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE SÍLICE-FOSFATO-FOSFORO TOTAL.....	166
TABLA 3.24:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE SULFATO-SULFUROS .....	166
TABLA 3.25:DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE DQO .....	167
TABLA 3.26 : DESCRIPCIÓN DE ENVASE DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	168
TABLA 3.27: FICHA PARA CONTROL DE RESIDUOS. ....	169
TABLA 3.28 : MÁXIMO DE ALTURA, ANCHO Y LARGO DE PILAS DE RESIDUOS O DESECHOS.....	175
TABLA 3.29. CLASIFICACIÓN DE LOS FUEGOS Y SU RELACIÓN CON LOS EXTINGUIDORES.....	185
TABLA 3.30 : NÚMEROS TELEFÓNICOS EN CASO DE INCENDIO.....	185
TABLA 3.31. ANTÍDOTO ESPECÍFICOS .....	188
TABLA 3.32. ANTÍDOTO PARA EVITAR LA ABSORCIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN EL TRACTO GASTROINTESTINAL. ....	191
TABLA 3.33. ANTÍDOTO AGENTES UTILIZADOS PARA EVITAR LA ABSORCIÓN Y/O LAS LESIONES CUTÁNEAS .....	191
TABLA 3.34. ANTÍDOTOS PARA EMÉTICO .....	191
TABLA 3.35. ANTÍDOTO DE PURGANTES Y SOLUCIONES PARA LAVADO .....	192
TABLA 3.36. AGENTES MODIFICACIONES DE PH DE LA ORINA.....	192
TABLA 3.37: NÚMEROS TELEFÓNICOS DE EMERGENCIA EN CASO DE ACCIDENTES .....	192
TABLA 3.38. PROPUESTA DE MATERIALES ADSORBENTES PARA DERRAMES .....	197
TABLA 3.39 TIPOS DE GUANTES SEGÚN SU MATERIAL .....	210
TABLA 3.40. PROPUESTA DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.....	211
TABLA 3.41: DESECHOS GENERADOS DURANTE EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS .....	225
TABLA 3.42:EMPRESA AUTORIZAS POR MARN PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS .....	225
TABLA 3.43: EMPRESAS DEDICADAS EL RECICLAJE DE MATERIALES .....	226
TABLA 3.44: TABLA DE EVALUACIÓN DE GESTIÓN DE RESIDUOS .....	227
TABLA 3.45 CALIFICACIÓN Y DESEMPEÑO DE LA EVALUACIÓN.....	230
TABLA 3.46: EJEMPLO DE CALCULO .....	231

TABLA 4.1: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA HIERRO.....	234
TABLA 4.2: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE HIERRO.....	235
TABLA 4.3: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA COBRE.....	235
TABLA 4.4: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE COBRE.....	236
TABLA 4.5: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA MANGANESO.....	237
TABLA 4.6: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE MANGANESO.....	238
TABLA 4.7: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CINC.....	238
TABLA 4.8: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE CINC.....	239
TABLA 4.9: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA ARSÉNICO.....	240
TABLA 4.10: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE ARSÉNICO.....	241
TABLA 4.11: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA NÍQUEL.....	241
TABLA 4.12: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE NÍQUEL.....	242
TABLA 4.13: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CROMO.....	243
TABLA 4.14: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE CROMO.....	244
TABLA 4.15: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CADMIO.....	244
TABLA 4.16: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE CROMO.....	245
TABLA 4.17: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA PLOMO.....	246
TABLA 4.18: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE PLOMO.....	247
TABLA 4.19: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA ALUMINIO.....	247
TABLA 4.20: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE ALUMINIO.....	248
TABLA 4.21: CONCENTRACIÓN DE CROMO TOTAL DE LA MUESTRA DE CLORUROS.....	250
TABLA 4.22: DURACIÓN DE PROCESO DE DESTILACIÓN.....	252
TABLA 4.23: VOLUMEN DE ÉTER RECUPERADO.....	252
TABLA 4.24: CONCENTRACIÓN DE CIANURO Y FOSFATO EN LA MUESTRA TRATADA DE CIANUROS.....	254
TABLA 4.25: VOLUMEN GASTADO DE NAOH.....	255
TABLA 4.26: VOLUMEN GASTA PARA NEUTRALIZAR UNA MUESTRA DE RESIDUO DE 25 ML.....	256
TABLA 4.27: NEUTRALIZACIÓN DE DETERGENTES.....	258
TABLA 4.28: VOLUMEN NECESARIO PARA LA NEUTRALIZACIÓN DE DETERGENTES.....	259
TABLA 4.29: CONCENTRACIÓN DE FOSFATO PRESENTES EN LA MUESTRA.....	259
TABLA 4.30: DURACIÓN DE PROCESO DE DESTILACIÓN.....	261
TABLA 4.31: VOLUMEN DE BENCENO RECUPERADO.....	261
TABLA 4.32: CURVA DE ABSORBANCIA DE DQO.....	262
TABLA 4.33: CONCENTRACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE EN LA MUESTRA.....	263
TABLA 4.34: CONCENTRACIÓN DE CROMO TOTAL PRESENTE EN LA MUESTRA.....	266
TABLA 4.35: CONCENTRACIÓN DE CIANURO PRESENTE EN LA MUESTRA.....	267
TABLA 4.36: PRECIPITADO DE LA MUESTRA.....	269
TABLA 4.37: CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA DE CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CADMIO.....	271
TABLA 4.38: CONCENTRACIONES DE LA MUESTRA DE CROMO.....	272
TABLA 4.39: CURVA DE ALCALINIZACIÓN.....	274
TABLA 4.40: CURVA DE NEUTRALIZACIÓN.....	275
TABLA 4.41: VOLUMEN DE ÁCIDO NÍTRICO GASTADO PARA LA NEUTRALIZACIÓN.....	276
TABLA 4.42: CONCENTRACIÓN DE CROMO TOTAL PRESENTE EN LA MUESTRA.....	278
TABLA 4.43: CUADRO DE RESUMEN DE REDUCCIONES Y DISPOSICIÓN FINAL.....	279
TABLA 4.44: CUADRO DE RESUMEN DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS.....	279
TABLA 4.45: CUADRO DE RESUMEN DE REDUCCIONES Y DISPOSICIÓN FINAL.....	280
TABLA 4.46: CUADRO DE RESUMEN DE DISPOSICIÓN FINAL.....	280

## Índice de Figuras

FIGURA 1.1: TRATAMIENTOS RESIDUALES.....	8
FIGURA 1.2: CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA.....	11
FIGURA 1.3: GESTIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS. ....	17
FIGURA 1.4: CICLO DE REUTILIZACIÓN .....	19
FIGURA 1.5: ÍNDICE DE RECUPERACIÓN.....	19
FIGURA 1.6: TIPOS DE RECICLADO.....	21
FIGURA 1.7: SISTEMAS DE RECICLAJE .....	23
FIGURA 1.8: SISTEMAS DE RECICLAJE .....	23
FIGURA 1.9: PARÁMETROS DE INTERÉS EN LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS. ....	24
FIGURA 1.10: RESULTADOS DEL ALMACENAMIENTO PROLONGADO .....	27
FIGURA 1.11: PRINCIPIOS BÁSICO DE DISEÑO.....	29
FIGURA 1.12: MEDIOS PARA LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	29
FIGURA 1.13: FACTORES DE DESCOMPOSICIÓN EN ENVASES PARA EL ALMACENADO. ....	30
FIGURA 1.14: FACTORES PARA DEGRADACIÓN O MODIFICACIÓN DE UNA SUSTANCIA. ....	31
FIGURA 1.15: TRATAMIENTOS APLICABLES .....	33
FIGURA 1.16: ETIQUETA DE TRANSPORTE DE RESIDUOS QUÍMICOS.....	40
FIGURA 1.17: REQUISITOS DE UNA TARJETA DE SEGURIDAD.....	45
FIGURA 1.18: EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL NECESARIO PARA EL MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS .	46
FIGURA 1.19: DESECHOS SÓLIDOS GENERALES EN LABORATORIOS DE CALIDAD DE AGUA.....	51
FIGURA 1.20: ESPACIAMIENTO SOBRE SUELO TIPO 1 .....	54
FIGURA 1.21: ESPACIAMIENTO SOBRE SUELO TIPO 2 .....	54
FIGURA 1.22: INYECCIÓN DE POZO PROFUNDO .....	56
FIGURA 1.23: NIVELES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	63
FIGURA 1.24: PREVENCIÓN AMBIENTAL INTEGRADA.....	64
FIGURA 1.25: PASOS GENERALES PARA LA APLICACIÓN DE PML .....	65
FIGURA 1.26: MÉTODOS DE COMPARACIÓN PARA ANTES Y DESPUÉS DE APLICAR PML .....	67
FIGURA 1.27: BENEFICIOS DE LA PML .....	68
FIGURA 2.1: UBICACIÓN GENERAL DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS HUMANOS.....	71
FIGURA 2.2: UBICACIÓN SATELITAL DE MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.....	71
FIGURA 2.3: UBICACIÓN SATELITAL DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA .....	72
FIGURA 2.4: ORGANIGRAMA DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL DEL MARN .....	74
FIGURA 2.5: PRIMER NIVEL DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA .....	75
FIGURA 2.6: SEGUNDO NIVEL DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA .....	76
FIGURA 2.7: PLANO DE RIESGO PRIMER NIVEL.....	77
FIGURA 2.8: PLANO DE RIESGO SEGUNDO NIVEL. ....	78
FIGURA 2.9: PARÁMETROS QUE SE ANALIZAN EN EL LABORATORIO, DIVIDIDO POR ÁREAS.....	80
FIGURA 2.10: IMÁGENES DE ÁREA DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO PRIMERA PLANTA .....	81
FIGURA 2.11: ESQUEMA DE ÁREA DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO PRIMERA PLANTA .....	83
FIGURA 2.12: ÁREA DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO SEGUNDA PLANTA.....	90
FIGURA 2.13: ESQUEMA DEL ÁREA DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO SEGUNDA PLANTA .....	92
FIGURA 2.14: ÁREA DE ABSORCIÓN ATÓMICA. ....	104
FIGURA 2.15: EQUIPO DE ABSORCIÓN ATÓMICA .....	106
FIGURA 2.16: DIAGRAMA DEL ÁREA DE BACTERIOLOGÍA.....	113
FIGURA 2.17: DIAGRAMA DE ÁREA DE EQUIPO CALIENTE .....	115

<i>FIGURA 2.18: EQUIPO DE CALIENTE: ARRIBA: MUFLA, AGITADOR DE TAMICES; ABAJO: SISTEMA DE BLOQUEO DE DIGESTIÓN, AUTOCLAVE.</i>	116
<i>FIGURA 2.19: DESTILADORES DEL ÁREA DE LAVADO SEGUNDA PLANTA</i>	118
<i>FIGURA 2.20: ÁREA DE LAVADO SEGUNDA PLANTA</i>	118
<i>FIGURA 2.21: ESQUEMA DEL CUARTO DE LAVADO PRIMERA PLANTA</i>	120
<i>FIGURA 2.22: FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA DE LA BODEGA DE REACTIVO</i>	121
<i>FIGURA 2.23: ÁREA DE BODEGA DE ÁCIDOS</i>	122
<i>FIGURA 2.24: ESQUEMA DE LA BODEGA DE ÁCIDOS</i>	122
<i>FIGURA 2.25: ÁREA DE CISTERNA Y GAS</i>	123
<i>FIGURA 2.26: RESIDUOS DE LABORATORIO</i>	126
<i>FIGURA 2.27: RESIDUOS ACTUALES ALMACENADOS EN EL LABORATORIO</i>	126
<i>FIGURA 2.28: DESECHOS SÓLIDOS</i>	134
<i>FIGURA 3.1: VOLUMEN CONSUMIDO POR PARÁMETRO PARA EL ÁREA DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA PRIMERA PLANTA</i>	139
<i>FIGURA 3.2: NÚMERO DE CASOS EN EL ÁREA DE FÍSICOQUÍMICO</i>	140
<i>FIGURA 3.3: VOLUMEN TOTAL PARA EL ÁREA DE FÍSICOQUÍMICO DE LA PRIMERA PLANTA</i>	140
<i>FIGURA 3.4: VOLUMEN CONSUMIDO POR PARÁMETRO PARA EL ÁREA DE FÍSICOQUÍMICO DE LA SEGUNDA PLANTA</i>	148
<i>FIGURA 3.5: NÚMERO DE CASOS EN EL ÁREA DE FÍSICOQUÍMICO</i>	148
<i>FIGURA 3.6: VOLUMEN TOTAL PARA EL ÁREA DE FÍSICOQUÍMICO DE LA SEGUNDA PLANTA</i>	149
<i>FIGURA 3.7: COMPATIBILIDAD DE RESIDUOS PARA EL ÁREA DE FÍSICOQUÍMICO DE LA PRIMERA PLANTA</i>	149
<i>FIGURA 3.8: COMPATIBILIDAD DE RESIDUOS PROVENIENTES DE LOS PARÁMETROS DEL ÁREA DE FÍSICOQUÍMICO DE LA SEGUNDA PLANTA</i>	150
<i>FIGURA 3.9: ETIQUETA PARA RESIDUOS LÍQUIDOS</i>	154
<i>FIGURA 3.10: ETIQUETA PARA RESIDUOS SÓLIDOS</i>	155
<i>FIGURA 3.11: ETIQUETA PARA REACTIVOS VENCIDOS</i>	156
<i>FIGURA 3.12: MODELO DE ETIQUETA</i>	157
<i>FIGURA 3.13: LENTES DE PROTECCIÓN PERSONAL</i>	171
<i>FIGURA 3.14: RESPIRADOR CON FILTRO BÁSICO</i>	171
<i>FIGURA 3.15: EQUIPO DE PROTECCIÓN DE MANOS</i>	172
<i>FIGURA 3.16: EQUIPO DE PROTECCIÓN DE CUERPO</i>	173
<i>FIGURA 3.17: CALZADO PROTECTOR DE PIES</i>	173
<i>FIGURA 3.18: ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ALMACÉN</i>	176
<i>FIGURA 3.19 EVALUACIÓN DE RIESGO</i>	179
<i>FIGURA 3.20 TIPOS DE RIESGOS</i>	179
<i>FIGURA 3.21. MATERIALES ABSORBENTES PARA DERRAMES</i>	193
<i>FIGURA 3.22 . MATERIAL DE EMERGENCIA ANTE DERRAMES</i>	194
<i>FIGURA 3.23. FLUJOGRAMA PARA EL PROCEDIMIENTO DE DERRAME DE RESIDUO QUÍMICO</i>	196
<i>FIGURA 3.24: MAPA DE RIESGO PRIMERA PLANTA</i>	217
<i>FIGURA 3.25: MAPA DE RIESGO SEGUNDA PLANTA</i>	218
<i>FIGURA 4.1. TRATAMIENTO DE RESIDUOS DEL ÁREA DE ABSORCIÓN ATÓMICA</i>	233
<i>FIGURA 4.2. TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CLORURO</i>	249
<i>FIGURA 4.3. PRECIPITADO DE RESIDUOS DE CLORUROS</i>	250
<i>FIGURA 4.4. PROCESO DE RECUPERACIÓN DE ÉTER</i>	251
<i>FIGURA 4.5. MONTAJE DE DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN</i>	251
<i>FIGURA 4.6. ETAPA DE DESTILACIÓN DE ÉTER</i>	252
<i>FIGURA 4.7. TRATAMIENTO DE RESIDUOS DEL PARÁMETRO DE CIANUROS</i>	253

FIGURA 4.8. ETAPA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CIANUROS .....	254
FIGURA 4.9. TRATAMIENTO DE RESIDUOS DEL PARÁMETRO DE DETERGENTES.....	257
FIGURA 4.10. FILTRO DEL BENCENO.....	260
FIGURA 4.11. MÉTODO DE DESTILACIÓN DEL BENCENO .....	260
FIGURA 4.12. MUESTRA DE BENCENO. ANTES Y DESPUÉS DEL DESTILADO .....	261
FIGURA 4.13. PROCESO DE REDUCCIÓN DE $Cr^6$ A $Cr^3$ .....	262
FIGURA 4.14. PRECIPITADO DE PLATA Y MERCURIO.....	264
FIGURA 4.15. PROCESO DE PRECIPITADO DE MERCURIO.....	265
FIGURA 4.16. PROCESO DE PRECIPITACIÓN DE CROMO .....	265
FIGURA 4.17. PRECIPITADO DE FENOLES .....	267
FIGURA 4.18. TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE FLUORUROS.....	268
FIGURA 4.19 PRECIPITADO DE CADMIO EN LA MUESTRA DE RESIDUOS DE NITRITOS Y NITRATO .....	270
FIGURA 4.20 PRECIPITADO DE MERCURIO .....	272
FIGURA 4.21. PROCESO DE PRECIPITADO DE MOLIBDATO DE SODIO .....	273
FIGURA 4.22. TRATAMIENTO DE RESIDUOS GENERADOS POR LOS PARÁMETROS SULFUROS Y SULFATOS.....	277
FIGURA 4.23. PRECIPITACIÓN DE CROMO EN LOS RESIDUOS DE SULFATO Y SULFURO .....	278
FIGURA 0.1: CUADRO VI PARA DETERMINACIÓN DE PREPARADOS CANCERÍGENOS Y MUTÁGENOS .....	374
FIGURA 0.2: CUADRO IV PARA DETERMINACIÓN DE PREPARADOS CORROSIVO.....	375

## Índice de Graficas

GRÁFICA 4-1: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL HIERRO .....	234
GRÁFICA 4-2: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL COBRE .....	236
GRÁFICA 4-3: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL MANGANESO.....	237
GRÁFICA 4-4 : CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL CINC. ....	239
GRÁFICA 4-5: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL ARSÉNICO.....	240
GRÁFICA 4-6: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL NÍQUEL .....	242
GRÁFICA 4-7: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL CROMO.....	243
GRÁFICA 4-8: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL CADMIO .....	245
GRÁFICA 4-9: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL PLOMO.....	246
GRÁFICA 4-10: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL ALUMINIO .....	248
GRÁFICA 4-11 VOLUMEN GASTADO EN LA NEUTRALIZACIÓN DE LOS RESIDUOS.....	256
GRÁFICA 4-12. NEUTRALIZACIÓN DE DETERGENTES.....	258
GRÁFICA 4-13. CURVA DE CALIBRACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE .....	263
GRÁFICA 4-14: CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL CADMIO .....	271
GRÁFICA 4-15. CURVA DE ALCALINIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	274
GRÁFICA 4-16 . CURVA DE NEUTRALIZACIÓN.....	275

# ABREVIATURAS

---

**Al:** Aluminio

**Ar:** Arsénico

**Cd:** Cadmio

**Cr:** Cromo

**Cu:** Cobre

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno

**DGOA:** Dirección General del Observatorio Ambiental

**DQO:** Demanda química de oxígeno

**EDTA:** Ácido etilendiaminotetraacético

**Fe:** Hierro

**FORGAES:** Fortalecimiento de la Gestión Ambiental de El Salvador del MARN

**HACH:** Compañía de fabricación y distribución de instrumentos analíticos, kits de pruebas y reactivos para pruebas de calidad de agua y soluciones acuosas

**K:** Potasio

**kg:** Kilogramos

**l:** Litro

**Li:** Litio

**Na:** Sodio

**Ni:** Níquel

**M:** Metros

**MARN:** Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**Mn:** Manganeseo



**mg:** Miligramos

**Pb:** Plomo

**PET:** Tereftalato de polietileno

pH: Potencial de hidrógeno

**SNET:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales

**SMWW:** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

**SSed:** Sólidos sedimentales

**SST:** Sólidos suspendidos totales

**Zn:** Zinc

# INTRODUCCIÓN

---

El recurso hídrico es una parte vital en nuestro diario vivir, es el recurso renovable más importante, ya que determina el funcionamiento de otros recursos como tierras aptas para la agricultura, bosques, recursos minerales, demanda para uso humano y animal. Para ello es importante su adecuada calidad la cual puede verse afectada por procesos urbanos y rurales contaminando aguas subterráneas y superficiales. Tan solo en 2002 el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), reporto que el índice de calidad de agua de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa se encontraban clasificados con una calidad entre “pésima” y “regular”. Actualmente se estima que el 90 por ciento de los cuerpos superficiales de agua de El Salvador están contaminados, lo cual limita su uso y disponibilidad.

Debido a la contaminación reportada es importante tener un control sobre la calidad del agua la cual se determina por las características físicas, químicas, biológicas, ecotóxicas y radiactivas de la masa de agua a que se refiera. En El Salvador se cuenta con el laboratorio de calidad de agua del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), en donde mediante Decreto Ejecutivo No. 27 del 16 de mayo de 1997, se crea el Ministerio; las competencias de esta Secretaría de Estado se establecen en el Reglamento Interno del Órgano Ejecutivo, Decreto No. 30 emitido por el Consejo de Ministros el 19 de mayo de 1997.

El Salvador cuenta con reglamentos de descarga de agua de tipo especial, tales como la norma técnica de ANDA “NORMA PARA REGULAR CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL DESCARGADAS AL ALCANTARILLADO SANITARIO”, la cual referencia métodos estándares, donde se pueden analizar parámetro tales como el olor, la conductividad, la turbidez, el pH, la alcalinidad, la dureza, el calcio, el DBO5, el DQO, detergentes, sulfatos, grasas y aceites entre otros parámetros exigidos. En

la realización de estos análisis la mayor parte genera residuos en donde es necesario el uso de químicos que pueden resultar contaminantes si no reciben un tratamiento previo a su disposición. Las condiciones óptimas en el laboratorio implican inevitablemente el control, tratamiento y eliminación o reutilización de los residuos generados en el mismo. Inicialmente es necesario clasificar estos residuos dependiendo de las características y peligrosidad de los mismos. Dependiendo de los reactivos utilizados en los análisis que generan residuos y desechos, estos pueden clasificarse por su peligrosidad química y su peligrosidad al medio ambiente, los cuales deben almacenarse en recipientes específicos convenientemente señalizados y retirarse siguiendo procesos preestablecidos.

Además pueden considerarse otros factores tales como: Volumen de residuos generados, frecuencia de generación, facilidad de neutralización, posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización y costo del tratamiento y de otras alternativas. Entre los tratamientos que pueden ser aplicados a los residuos y desechos son los físicos, químicos, fisicoquímicos, biológicos, térmicos, de estabilización y de solidificación. Pero además del tratamiento es importante que los distintos residuos y desechos provenientes de los análisis que se realizan dentro del laboratorio de calidad de aguas tengan una adecuada disposición final de forma que puedan ser menos contaminantes, entre estos tenemos, el vertido (recomendado solo para residuos no peligrosos, y que cumplan con normativas de concentración mínima), la incineración (para residuos de tipo orgánico y material biológico), la recuperación (efectuando un tratamiento al residuo que permita recuperar algún o algunos elementos o sus compuestos que su elevado valor o toxicidad hace aconsejable no eliminar) y la reutilización-reciclado.

El presente trabajo de investigación pretende generar un documento donde se expliquen los distintos tratamientos para los residuos y desechos generados a partir de los parámetros analizados en el laboratorio de calidad de aguas. Para cada uno de los procesos de tratamiento es necesaria la realización de manuales y documentos que expliquen de manera fácil y ordenada, para que el usuario pueda proceder de manera óptima en los procesos de tratamiento y disposición final de los residuos generados en el laboratorio.

# CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

---

## 1 Marco Teórico

Dentro del marco teórico, se desarrollara la revisión bibliográfica con respecto al tratamiento y disposición de desechos y residuos.

### 1.1 Calidad de Agua.

De forma tradicional se ha entendido por calidad de un agua el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado. Esta definición asegura la calidad suficiente para garantizar determinados usos, pero que no recoge los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales. Por ejemplo, Para cualquier masa de agua, superficial o subterránea la calidad depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la intervención humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica, los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. (Secretaria de salud laboral y medio ambiente, 2009)

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En base a la vinculación entre calidad de aguas y sus usos, se establecen estándares y criterios de calidad específicos que definen los requisitos que ha de reunir un determinado agua para un fin concreto, requisitos que, generalmente, también vienen expresados como rangos cuantitativos de determinadas características fisicoquímicas y biológicas. (Secretaria de salud laboral y medio ambiente, 2009)

### **1.1.1 Tipos de calidad de Agua.**

Para conocer el grado de calidad de las aguas, independientemente del posible uso al que vayan a ser destinadas, se parte de la toma de muestras para la obtención de una serie de parámetros e indicadores. Estos datos, analizados y procesados, posteriormente se convierten en un valor numérico, que permite obtener una serie de índices que determinan el estado general de las aguas en función de unos rangos de calidades establecidos.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares.

Los índices de calidad de agua (ICA) estima el grado de calidad de cuerpos hídricos, haciendo reconocer problemas de contaminación asignando valores de entre 0 y 1. Se procedimiento comienza con la selección de variables físicas y químicas, luego con la asignación de los valores de entre 0 y 1 a diferentes concentraciones de las variables, por ultimo con la asignación de coeficientes de ponderación.

Según el National Sanitation Foundation (INSF) la calidad de un cuerpo de agua está definido como:

Excelente:	91 – 100
Buena:	71 – 90
Regular:	51 -70
Mala:	26 – 50
Pésima:	0 - 25

Los valores de calidad de calidad de agua ya sea para preservación de la fauna y flora, para uso agrícola, uso pecuario, agua potable, etc. son medidos atreves de parámetros requeridos para cada distinto uso, y asignados con valores mínimos permisibles.

#### **Agua residual.**

“Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos

usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias” (Facultad regional de Bahía Blanca, 2010).

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual (Facultad regional de Bahía Blanca, 2010).

De acuerdo al Reglamento especial de Aguas Residuales en vigencia desde el año 2002, se define agua residual como:

“Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes y vertidas a un cuerpo receptor” (Normativa de aguas residuales especiales, 2002). Ellas son de dos tipos: Ordinario y Especial.

**Agua Residual de tipo Ordinario:** Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares. (Normativa de aguas residuales especiales, 2002)

**Agua Residual de tipo Especial:** Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquéllas que no se consideran de tipo ordinario. (Normativa de aguas residuales especiales, 2002)

La calidad de agua para ser desechada al alcantarillado, se detallan en la siguiente tabla donde se presentan los valores máximo permisibles, determinados por parámetros analizados. Esto según la norma salvadoreña del Plan Hidro 2009: Norma para regular calidad de aguas residuales de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario. ACTA No. 1937 punto XIV de fecha 15 de octubre de 2004.

**Tabla 1.1: Valores máximos permisibles**

<b>Parámetro</b>	<b>unidades</b>	<b>Valor máximo permisible</b>
<b>Grasas y Aceites</b>	mg/L	150
<b>Aluminio (Al)</b>	mg/L	10
<b>Arsénico (As)</b>	mg/L	1.0
<b>Boro (B)</b>	mg/L	3
<b>Cadmio (Cd)</b>	mg/L	1
<b>Cianuro Total (CN)</b>	mg/L	1
<b>Cinc (Zn)</b>	mg/L	5
<b>Cobalto (Co)</b>	mg/L	0.5
<b>Cobre (Cu)</b>	mg/L	3
<b>Color Real</b>	--	--
<b>Compuestos fenólicos</b>	mg/L	5
<b>Cromo hexavalente (Cr <sup>+6</sup>)</b>	mg/L	0.5
<b>Cromo total (Cr)</b>	mg/L	3
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	400
<b>Detergentes (SAAM)</b>	mg/L	35
<b>DQO</b>	mg/L	1000
<b>Fluoruros (F)</b>	mg/L	6
<b>Fósforo total (P)</b>	mg/L	45
<b>Herbicidas totales</b>	mg/L	0.1
<b>Hidrocarburos</b>	mg/L	20
<b>Hierro total (Fe)</b>	mg/L	20
<b>Manganeso total (Mn)</b>	mg/L	4
<b>Materiales Flotantes</b>	mg/L	Ausentes
<b>Mercurio (Hg)</b>	mg/L	0.02
<b>Molibdeno (Mo)</b>	mg/L	4
<b>Níquel (Ni)</b>	mg/L	4
<b>Nitrógeno total (N)</b>	mg/L	100
<b>Organoclorados</b>	mg/L	0.05
<b>Órgano fosforados y Carbamatos</b>	mg/L	0.25
<b>pH</b>	mg/L	5.5 – 9.0
<b>Plata (Ag)</b>	mg/L	3
<b>Plomo (Pb)</b>	mg/L	1.0
<b>Selenio (Se)</b>	mg/L	0.15
<b>Sólidos sedimentables</b>	mg/L	20
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	mg/L	450
<b>Sulfatos (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b>	mg/L	2000
<b>Sustancias radiactivas</b>	-	Ausente
<b>Temperatura</b>	°C	20-35
<b>Vanadio (V)</b>	mg/L	5

Fuente: Norma para regular calidad de aguas residuales de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario

Los contaminantes importantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales, se presentan en la siguiente tabla, contemplando los contaminantes y su importancia.

*Tabla 1.2: Contaminantes de interés.*

Contaminantes	Importancia
<b>Sólidos Suspendidos</b>	Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático
<b>Materia orgánica biodegradable</b>	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas.
<b>Microorganismos Patógenos</b>	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.
<b>Nutrientes</b>	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable. Cuando son lanzados en cantidades excesiva en el suelo, pueden contaminar también el agua subterránea.
<b>Contaminantes importantes</b>	Compuestos orgánicos e inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha de carcinogenicidad, mutanogenicidad, teratogenicidad o elevada toxicidad. Muchos de estos compuestos se encuentran en las aguas residuales.
<b>Materia orgánica refractaria</b>	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen detergentes, pesticidas agrícolas, etc.
<b>Metales pesados</b>	Los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.
<b>Sólidos inorgánicos disueltos</b>	Componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual

Fuente: Aguas residuales y tratamiento de fuentes cloacales. Facultad regional de Bahía Blanca. Universidad Tecnológica Nacional. 2010. Buenos aires, Argentina.



### 1.1.2 Generalidad del tratamiento de aguas.

Un sistema de tratamiento de Aguas Residuales es seleccionado de acuerdo a los objetivos que se fijan al buscar la remoción de los contaminantes. Existen diferentes sistemas de tratamiento que implican procesos biológicos, procesos fisicoquímicos, y en ocasiones se presentan ambos. La remoción de materia orgánica constituye uno de los objetivos del tratamiento de las aguas residuales, utilizándose en la mayoría de los casos procesos biológicos (Rodríguez, 2008).

El mecanismo más importante para la remoción de la materia orgánica presente en el agua residual, es el metabolismo bacteriano. El metabolismo consiste en la utilización de la materia orgánica como fuente de energía y carbono para generar nueva biomasa. La materia orgánica se transforma en nuevo material celular (Rodríguez, 2008).

Por tanto, para el tratamiento de aguas residuales generalmente se emplean métodos biológicos los cuales se subdividen en las siguientes categorías

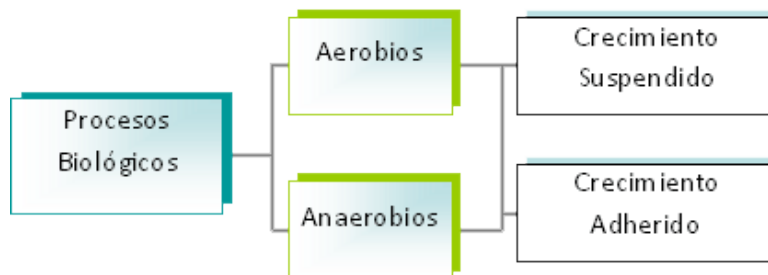


Figura 1.1: Tratamientos residuales.

Fuente: Rodríguez, Jenny. Tratamiento anaeróbico de aguas residuales. Universidad el Valle. 2008 Cali, Colombia.

En la clasificación dada por el tipo de crecimiento (adherido y/o suspendido), los sistemas de tratamiento son nombrados de acuerdo al principio de operación (ej. lodos activados, zanjas de oxidación, lagunas anaerobias, película fija, filtros percoladores, etc.).

La siguiente tabla presenta los niveles de tratamiento de aguas residuales y sus respectivos objetivos:

**Tabla 1.3: Niveles de tratamiento de aguas residuales.**

Niveles de tratamiento residual	Objetivos
<b>1. Pre tratamiento:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rejillas, cribos para la separación de palos, tela, plásticos.</li> </ul>
<b>2. Tratamiento primario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sedimentar materiales suspendidos.</li> <li>▪ Tratamientos físicos o físico-QCO.</li> <li>▪ Neutralización de pH.</li> <li>▪ Absorción</li> <li>▪ Desengrasado</li> <li>▪ Sedimentación primaria</li> <li>▪ Filtración</li> <li>▪ Homogenización</li> </ul>
<b>3. Tratamiento secundario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Partículas coloidales</li> <li>▪ Tratamiento biológico-QCOs</li> <li>▪ Separación de lodos</li> </ul>
<b>4. Tratamientos más avanzados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eliminación de fósforo, nitrógeno, minerales pesados, virus, compuestos orgánicos.</li> <li>▪ Líneas de tratamiento en las EDAR</li> <li>▪ Línea de agua</li> <li>▪ Línea de fangos</li> </ul>
<b>5. Tratamientos especiales: eliminación de N y P.</b>	
Fuente: Guion de Clase Diseño de Plantas Cap. 4 (Gamero, 2012)	

## **1.2 Generalidades de los laboratorios de calidad de agua.**

### **Generalidades.**

Los laboratorios de calidad de agua nos ayudan a indicar una gran variedad de parámetros para caracterizar de manera óptima el agua, estos estudios permanentes, son aprobados de manera que cumplan con los requisitos mínimos de las normativas vigentes en función del requerimiento según la finalidad del agua. Los laboratorios de calidad de agua deben cumplir con lineamientos de seguridad tanto para el personal como para el medio ambiente, en el adecuado manejo y almacenamiento de reactivos, muestras, residuos y desechos, cumpliendo con gestiones de tratamiento adecuado, así también cumpliendo con seguridad industrial tanto como en las operaciones dentro del laboratorio como para almacenamiento, manejo y disposición no solo de líquidos sino también de sólidos.

Los análisis de calidad de agua pueden ser utilizados para diferentes fines los cuales cada uno tiene especificaciones diferentes que cambian según la legislación vigente:

- Para garantizar la preservación de la fauna y flora
- Uso agrícola
- Uso pecuario
- Uso para agua potable
- Uso recreacional
- Uso estético

### **1.2.1 Procedimientos generales para la determinación de parámetros.**

Hay procedimientos generales que se realizan en los laboratorios de calidad de agua en este caso, con respecto al desarrollo de las pruebas para la determinación de parámetros, los cuales se detallaran de forma general.

#### **A) Para la toma y conservación de muestras de agua**

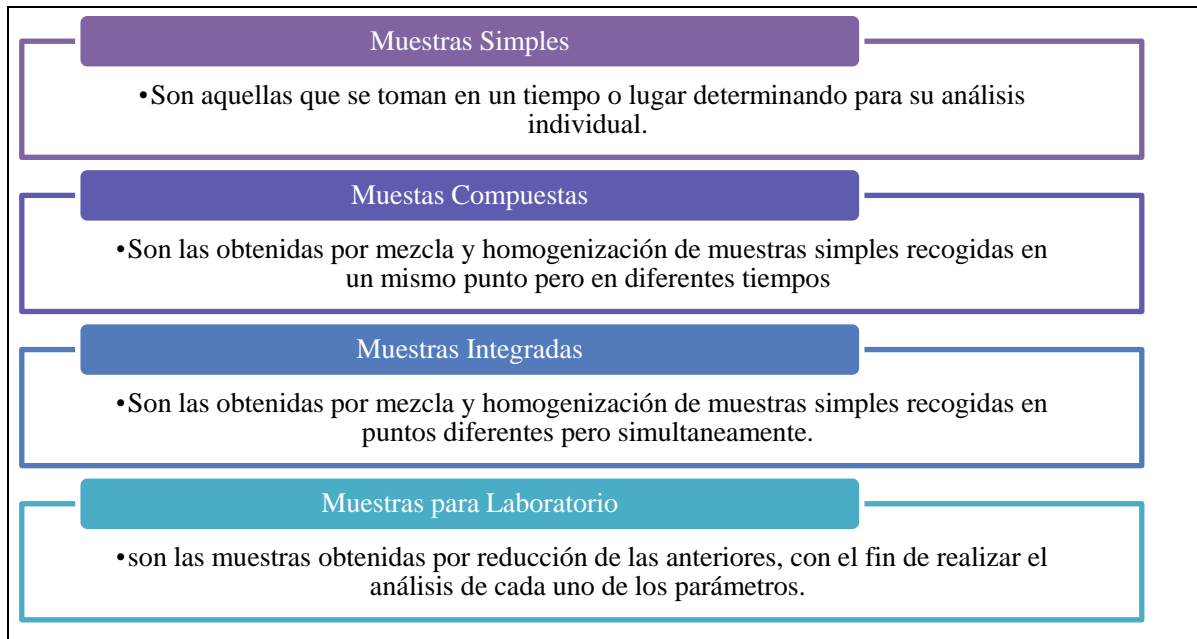
Cada paso del proceso es importante para la adecuada ejecución, y para garantizar que los resultados serán certeros. Así como primer paso esta la toma y la conservación de la muestra, la cual debe realizarse en envases adecuados y sobre todo que la muestra no se contamine con otras sustancias, las sustancias perseverantes pueden variar según el parámetro a analizar.

#### **B) Tipos de envase**

Los materiales adecuados para que la muestra sea trasportada hasta el lugar de análisis, pueden ser de vidrio, boro, silicato y material plástico, estos deben cumplir con, no desprender ningún material él pueda afectar la muestra; se debe asegurar que sea mínima la absorción por las paredes del envase; el materia del envase no debe reaccionar con los elementos dentro de la muestra; el envase debe cerrarse y sellarse herméticamente.

### C) Tipo de muestra

Según la composición, el lugar y el tiempo en el que las muestras son tomadas se pueden clasificar en:



*Figura 1.2: Clasificación de muestras de agua.*

Fuente: Autores

### D) Procedimiento para la toma de muestra

Una muestra se define como una porción de la población que se quiere estudiar. La muestra puntual es aquella se toma de forma aleatoria en una población, la compuesta es el conjunto de dos o más muestras puntuales Para la toma de muestras de agua puede ser utilizando equipo automático o puede ser manual. La toma manual, se realiza utilizando un recipiente en donde la muestra es colocada y transportada hacia el laboratorio, este tipo de tomas se recomienda para agua potable o caudales de poca profundidad; mientras que la toma mediante equipos, se recomiendan para muestras con caudal de gran profundidad.

## **E) Parámetros analizados**

Generalmente se realizan análisis de muestras para determinar características físicas, químicas y biológicas. Los parámetros que se pueden analizar a una muestra de agua son turbidez, pH, color, olor, dureza, alcalinidad, conductividad eléctrica, sólidos sedimentables, acidez, dureza, cloro, hierro, sulfato, nitratos, coloides, sólidos disueltos, sólidos en suspensión, sólidos totales, residuo seco, sodio, potasio, calcio, magnesio, manganeso, metales tóxicos, gases disueltos, demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno.

### **1.3 Residuo y desechos de los Laboratorios de Calidad de Agua del MARN**

Un residuo es un producto generado por las actuaciones humanas y que se considera que tiene algo de valor y puede ser aprovechado. En un laboratorio de análisis de aguas, se producen muchos residuos considerados peligrosos, por tanto se debe minimizar el daño que estos realizan al ser humano y al medio ambiente (Marín, 2007)

En el laboratorio se debe minimizar la producción de residuos peligrosos para evitar una inversión excesiva en sus respectivos tratamientos finales.

*Todo material o resto que pueda ser nuevamente utilizado a través de un adecuado proceso de reciclaje se denomina residuo, éste se transforma en materia prima generando un beneficio económico y una protección al ambiente, mejorando la calidad de vida. Sí el material o resto no puede ser recuperado o reciclado, bien sea por su origen o cuya composición química resulte tóxica, se considera un desecho y debe tratarse de forma adecuada para evitar un daño al ambiente y a la salud pública (Greenpeace, 2002)*

Un Residuo peligroso es un “Material que reviste características peligrosas que después de servir a un propósito específico todavía conserva propiedades físicas y químicas útiles, que puede ser reutilizado, reciclado, regenerado o aprovechado con el mismo propósito u otro diferente”. (Art. 3 Reglamento Especial en Materia de Residuos y Desechos Peligrosos, El Salvador).

Un desecho peligroso “Es cualquier material sin uso directo o descartado permanentemente que por su actividad química o por características corrosivas, reactivas, inflamables, tóxicas, explosivas, combustión espontánea, oxidante, infecciosa, bioacumulativas, eco tóxicas o radiactivas u otras características, que ocasionen peligro o ponen en riesgo la salud humana o el ambiente, ya sea por si solo o al contacto con otro desecho. (Art. 5 Ley de Medio Ambiente El Salvador).

Los residuos generados en los laboratorios presentan en general unas características de gran variedad, alta peligrosidad y escaso volumen, que hace que su gestión presente una problemática distinta a la de los residuos de origen industrial.

### **1.3.1 Tipos de residuos químicos generados en el laboratorio.**

En el laboratorio de análisis de agua, considerando las características de los residuos generados, se pueden distinguir los siguientes grupos:

- Residuos inertes (de origen mineral, escombros).
- Residuos no peligrosos (asimilables).
- Residuos especiales (tóxicos o peligrosos).

Los residuos especiales incluyen los residuos químicos, los gases, los aceites usados y aquellos que exigen una gestión diferenciada y que están legislados específicamente como son los residuos radiactivos, los residuos cancerígenos y los residuos biológicos (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 2003).

Todos ellos exigen un plan para su recolección, almacenamiento, identificación y clasificación, y un tratamiento, que puede ser dentro o fuera del laboratorio, para disminuir su peligrosidad.

Así, un programa de gestión de residuos debe aplicarse a todo tipo de residuos generados en el laboratorio, tanto a los no peligrosos como a los peligrosos y debe incluir los reactivos caducados, los reactivos no caducados pero innecesarios, los materiales de un solo uso

contaminados o no, los patrones y todos aquellos materiales o productos que se hayan utilizado o generado en el mismo.

- Material contaminado
- Reactivos caducados
- Reactivos antiguos
- Disoluciones
- Patrones
- Materiales de un solo uso
- Derrames, etc.

### **1.3.2 Clasificación de los residuos de los Laboratorios de Calidad de Agua**

El tipo de tratamiento y gestión de los residuos de un laboratorio de análisis químico depende, entre otros factores, de las características y peligrosidad de los mismos, así como de la posibilidad de recuperación. (Berrios, 2012).

Es común, considerar la peligrosidad de los residuos para establecer la siguiente clasificación: peligrosos y no peligrosos.

#### **Residuos no peligrosos.**

Estos residuos no presentan riesgo para la salud humana y/o el medio ambiente, considerando sus propiedades, pueden eliminarse mediante vertidos, directamente a las aguas residuales o a un vertedero.

#### **Residuos peligrosos.**

Un residuo peligroso es todo “material que reviste características peligrosas, que después de servir a un propósito específico todavía conservan propiedades físicas y químicas útiles, y por lo tanto pueden ser reutilizados, reciclados, regenerados o aprovechados con el mismo propósito u otro diferente” Art. 5 Ley del Medio Ambiente y las definiciones del Reglamento Especial El Salvador.

Acorde a su peligrosidad, se distinguen los diferentes tipos de residuos, como se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 1.4: Tipos de residuos.*

<b>Combustibles</b>	Debe controlarse la posible peligrosidad de los productos de combustión
<b>No combustibles</b>	Pueden verterse a las aguas residuales o vertederos controlados siempre que previamente se haya reducido su peligrosidad mediante tratamientos adecuados.
<b>Explosivos</b>	Son residuos con alto riesgo y normalmente deben ser manipulados fuera del laboratorio por personal especializado.
<b>Gases</b>	Su eliminación está en función de sus características de peligrosidad (tóxica, irritante, inflamable).
<b>Residuos biológicos</b>	Deben almacenarse en recipientes específicos convenientemente señalizados y retirarse siguiendo procesos preestablecidos. Normalmente se esterilizan y se incineran.
<b>Residuos radiactivos</b>	Para su eliminación deben considerarse sus características físico-químicas así como su actividad radiactiva y su tiempo de vida media.
Fuente: Eliminación de los residuos de laboratorio: procedimientos generales. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid, España. 2003	

A continuación se describe la clasificación de residuos peligrosos según sus grupos químicos, con sus componentes y observaciones.

- **Grupo I. Disolventes halogenados.**
- **Grupo II. Disolventes no halogenados.**
- **Grupo III. Disoluciones acuosas.**
- **Grupo IV. Ácidos.**
- **Grupo V. Aceites.**
- **Grupo VI. Sólidos.**
- **Grupo VII. Especiales.**



**Tabla 1.5: Clasificación de los residuos peligrosos según su grupo químico.**

<b>Grupo</b>	<b>Componentes</b>	<b>Observaciones</b>
<b>I. Disolventes halogenados</b>	Productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno, cloruro de metileno, bromoformo	Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos
<b>II. Disolventes no halogenados</b>	Alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos	Son productos inflamables y tóxicos, se debe evitar mezclas de disolventes que sean inmiscibles ya que la aparición de fases diferentes dificulta el tratamiento posterior
<b>III. Disoluciones acuosas</b>	Soluciones acuosas inorgánicas, básicas, de metales pesados, de cromo VI, orgánicas o de alta DQO, de fijadoras orgánicas.	Un grupo muy amplio y propenso a reacciones si son mezcladas entre sí.
<b>IV. Ácidos</b>	Ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas a más del 10% en volumen	Puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura.
<b>V. Aceites</b>	Aceites minerales	Derivados de operaciones de mantenimiento.
<b>VI. Sólidos</b>	Sólidos orgánicos e inorgánicos y material desechable contaminado.	
<b>VII. Especiales</b>	Carburantes, compuestos pirofóricos, compuestos muy reactivos, mercurio, compuestos muy tóxicos	Productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos.
Fuente: La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación. Ministerio de Trabajo España. 2012		

## **1.4 Gestión de residuos y desechos en los Laboratorios de Calidad de Aguas**

Las actividades generadas dentro de los laboratorios de aguas, producen desechos tanto líquidos, acuosos y sólidos, los cuales pueden generar sustancias peligrosas tanto para el medio ambiente como a los seres humanos. Para que los residuos y desechos tengan un adecuado tratamiento y disposición se debe apegar a una gestión basada en reglamentación vigente, la forma general de esta se detalla en la figura a continuación.



*Figura 1.3: Gestión de residuos y desechos.*

Fuente: Autores

#### **1.4.1 Prevención y minimización de residuos tóxicos generados de Laboratorios de Calidad de Agua.**

Las medidas para la prevención y la minimización de residuos peligrosos conllevan mejorar los procesos operativos, reactivos peligrosos, por no peligrosos, o modificando las marchas para la disminución de cantidades utilizadas.

Estas serán las medidas a tomar para minimizar la cantidad y la toxicidad de residuos y desechos que se generan. De los desechos generados muchos son considerados como tóxicos, los elementos que se deben tomar en cuenta son:

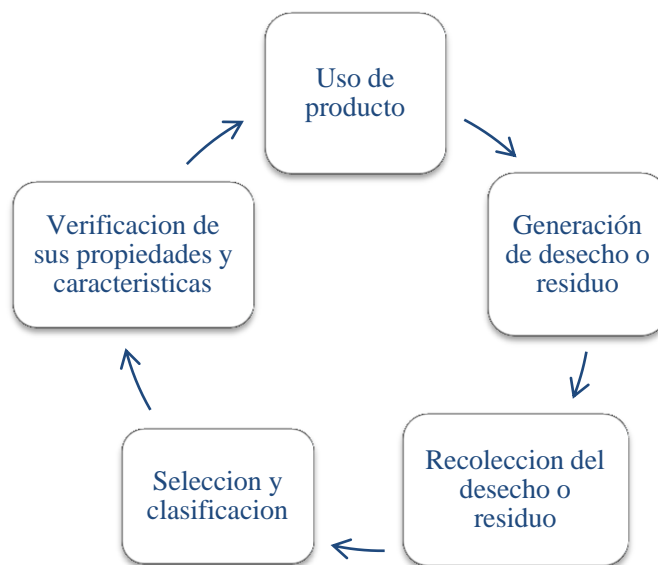
- a) Cambios en los reactivos utilizados: en este caso se buscan alternativas para la sustitución de productos tóxicos utilizados por otros que cumplan la misma función y sean más amigables al ambiente.
- b) Cambios de procedimientos y operación: medidas como el buen entrenamiento de los usuarios, control de inventarios, reducir número de fugas y derrames, aunque hay estándares con medidas establecidas el técnico puede reducir los volúmenes de productos tóxicos en sus marchas.
- c) Implementación de políticas rígidas de procedimientos: hay procedimientos que los encargados pueden seguir para la minimización de residuos y desechos tóxicos.

1. Reducción de material toxico
2. Utilización de productos que puedan ser compartidos por varias marchas para los parámetros, u otra marcha necesite algún solvente en común más diluido.
3. Comprar solo lo que se utilizara, para no generar reactivos vencidos o descompuestos por no contar con instalaciones adecuadas.
4. Mantener inventarios actualizados.

### **1.4.2 Reutilización**

En los últimos años la reutilización de productos y desechos ha tenido un gran auge impulsado sobre todo por los grandes daños ambientales que estos generan luego de terminar su funcionalidad principal.

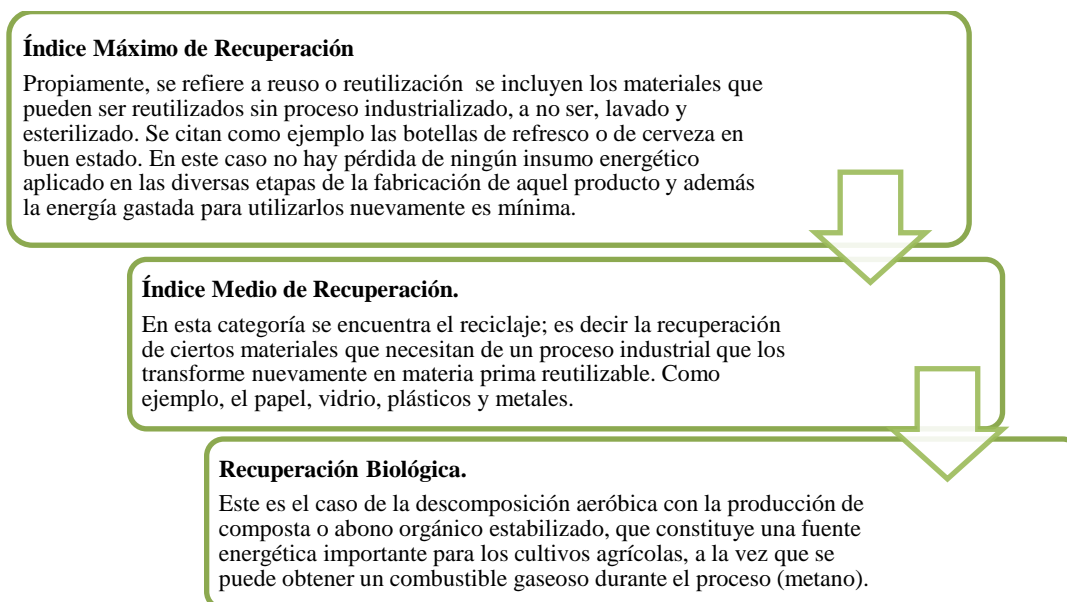
La reutilización consiste en la aplicación de una segunda vida útil a los materiales que se desechan de su función principal. La reutilización puede ser un evento más complejo, implica creatividad para buscar funciones específicas para los materiales, que en un principio no fueron diseñados para ser utilizados en actividades distintas a la original. Es importante tomar en cuenta que los desechos o residuos a reutilizar, no se deben de contaminar de forma que no se cambien sus características y propiedades, de forma que puedan ser nuevamente utilizados. Dentro de los laboratorios de calidad no solo se reutilizan sólidos como frascos, guantes, mascarillas (con utilidad limitada), si no también reactivos que pueden ser reutilizados en marchas que los requieran con de diluciones o menos concentrados, así se muestra un ciclo general de reutilización en la siguiente figura.



**Figura 1.4: Ciclo de reutilización**

Fuente: Autores

Para establecer de una forma más clara las diferencias entre reutilización y reciclaje se establecen incide de recuperación donde se establece la reutilización, reciclaje y por último la descomposición aeróbica, tal como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.5: Índice de recuperación.**

Fuente: Lara, Monserrat. Implementación de un sistema de Reciclado. Universidad Católica de Chile. 2011. Santiago, Chile.

### 1.4.3 Recuperación

En ocasiones es difícil poder reducir el volumen de algún reactivo, por lo que una buena opción resulta ser la recuperación. Según el manual de gestión de residuos y seguridad en laboratorios ambientales del centro de desarrollo tecnológico la recuperación “es el empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originalmente”. (Armentia, 2008).

En las prácticas desarrolladas dentro de los laboratorios todas generan residuos, las cuales dependiendo de la posibilidad técnica pueden ser tratadas para su adecuada recuperación, también es importante tomar en cuenta si los métodos utilizados pueden generar una eficiencia y una buena calidad de la sustancias para poder ser utilizadas nuevamente. La recuperación de sólidos y líquidos, resulta muy beneficioso tanto ambiental mente como económicamente, ya que hoy en día es importante encontrar alternativas las cuales generen menos desechos posibles. De manera general se presenta en la siguiente tabla resumen, con algunos residuos y sus tratamientos para su adecuada disposición que en este caso será la recuperación.

*Tabla 1.6: Tratamiento previo a la recuperación.*

COMPUESTOS	TRATAMIENTO	DISPOSICIÓN
<b>Desechos metálicos</b>	-	Recuperar y almacenar
<b>Mercurio metal</b>	Aspirar, cubrir con polisulfuro cálcico	Recuperar
<b>Mercurio compuestos</b>	Disolver y convertirlos en nitratos solubles	Precipitarlos como sulfuros. Recuperar
<b>Arsénico, bismuto, antimonio</b>	Disolver en HCL y diluir hasta aparición de un precipitado blanco (SbOCI y BiOCI). Añadir HCl 6M hasta redisolución. Saturar con ácido sulfhídrico	Filtrar, lavar y secar
<b>Selenio, telurio</b>	Disolver en HCl. Adicionar sulfito sódico para producir SO <sub>2</sub> (reductor). Calentar. (Se forma Se gris y Te negro). Dejar en reposo (12h)	Filtrar y secar
<b>Plomo, cadmio</b>	HNO <sub>3</sub> (Se producen nitratos). Evaporar, añadir agua y saturar con H <sub>2</sub> S	Añadir. Filtrar y secar
<b>Berilio</b>	Disolver en HCl 6M, filtrar. Neutralizar (NH <sub>4</sub> OH 6M)	Filtrar y secar
<b>Estroncio, bario</b>	Disolver en HCl 6M, filtrar. Neutralizar (NH <sub>4</sub> OH 6M). Precipitar (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ). Filtrar, lavar y secar. Vanadio: Añadir a Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (capa) en una placa de evaporación. Añadir NH <sub>4</sub> OH 6M (pulverizar). Añadir hielo (agitar). Reposar (12h)	Filtrar y secar
<b>Otros metales (talio, osmio, deuterio, erbio, etc.)</b>	-	Recuperación
<b>Disolventes halogenados</b>	Destilar y almacenar	Devolver al suministrador

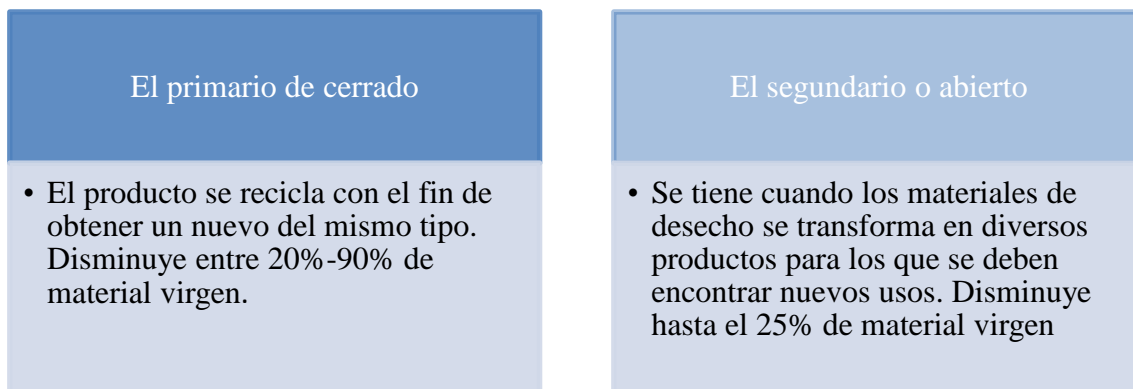
Fuente: manual de gestión de residuos y seguridad en laboratorios ambientales, centro de desarrollo tecnológico.

#### 1.4.4 Reciclaje

Se define el reciclaje como el conjunto de operaciones y tratamientos físicos o químicos que se aplican a los residuos que permiten introducirlo en un nuevo ciclo de vida para generar un nuevo producto.

El reciclaje mezcla tanto la reutilización como la recuperación, de los residuos obtenidos es posible que empleando metodologías adecuadas se pueda separar sustancias que pueden ser ocupadas en análisis posteriores, teniendo en cuenta que la calidad de la sustancia reciclada tenga una alta concentración y no este mezclada con otras sustancias que afecten las pruebas realizadas. Una opción para implementar el reciclaje está en la recuperación de disolventes mediante la destilación ya sea para ser ocupado de nuevo o como homogenizado y limpieza.

En los laboratorios ambientales cobra mucha importancia la recuperación de algunas sustancias químicas, se puede destinar algunas técnicas de recuperación para minimizar el daño que estos provocan al medio ambiente. Dentro del proceso de reciclaje se puede presentar un índice de recuperación como el siguiente:



**Figura 1.6: Tipos de reciclado.**

Fuente: Reciclaje de residuos sólidos. Centro de información y comunicación ambiental de norte América. 2008. México DF. México.

Cuando se tienen residuos líquidos la mayoría de veces se forman una serie de sustancias químicas complejas de alta masa molecular muy difícil de separar. A continuación se presentan algunas operaciones de separación para sustancias químicas complejas.

### **Separación de sustancias por medio de la destilación.**

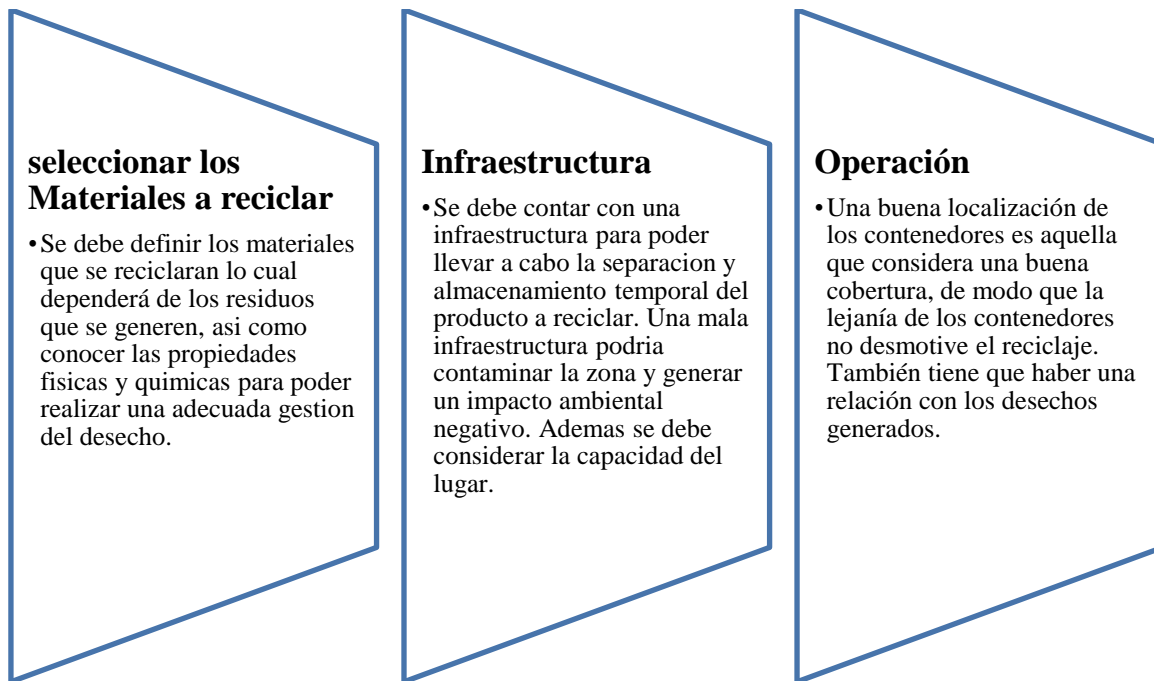
La destilación es una operación física que mediante la diferencia de los puntos de ebullición se puede separar dos o más soluciones que están mezcladas. Este proceso es usado para alcoholes, componentes orgánicos y otros vapores. La desventaja de este proceso es la solución de interés no siempre se logra extraer de forma pura. Otra desventaja que presenta es el uso excesivo de energía.

### **Separación de metales.**

La separación de metales pesados de laboratorio, no siempre es un proceso viable ya que estos metales interactúan entre sí haciendo difícil para separación selectiva. Los métodos usados son extracción líquido-sólido, precipitación y la decantación.

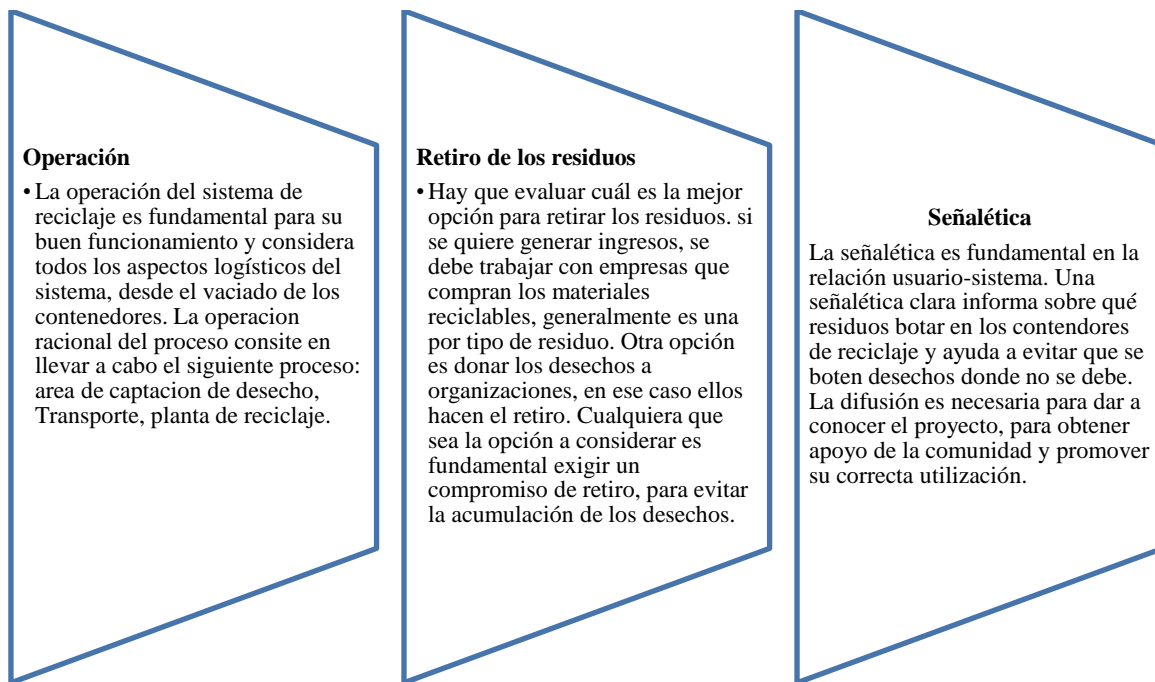
### **Diseño de un sistema de reciclaje.**

Los sistemas de reciclaje son planes de funcionamiento estratégico que buscan desarrollar métodos eficientes de recolección de residuos para ser reciclados. Teniendo la información adecuada se puede realizar un sistema de reciclaje que cumpla con los objetivos planteados. El sistema de reciclaje debe de contar con los siguientes puntos, que se presenta en la siguiente figura.



**Figura 1.7: Sistemas de reciclaje**

Fuente: Lara, Monserrat. Implementación de un sistema de Reciclado. Universidad Católica de Chile. 2011. Santiago, Chile.



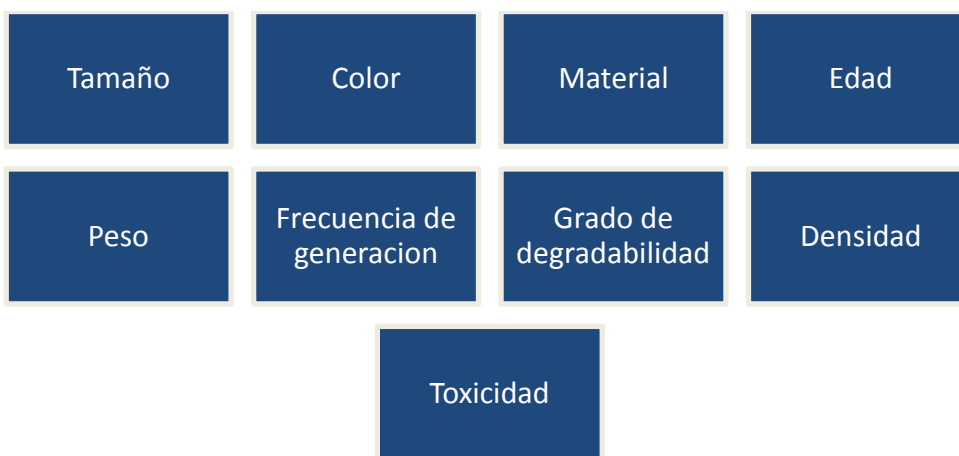
**Figura 1.8: Sistemas de reciclaje**

Fuente: Lara, Monserrat. Implementación de un sistema de Reciclado. Universidad Católica de Chile. 2011. Santiago, Chile.



### **Caracterización de los residuos que se reciclan.**

En el reciclaje es necesario conocer con qué tipo de residuo se cuenta, para ello la caracterización ayuda a obtener datos importantes de volumen de producto con el objetivo de separar y almacenar de forma correcta los materiales entregados a las procesadoras que intervendrán la transformación de estos (Lara, 2005). Algunos parámetros que deben de conocer son:



*Figura 1.9: Parámetros de interés en la caracterización de residuos.*

Fuente: Autores

### **1.4.5 Almacenamiento.**

#### **Generalidades.**

Por tratarse de un laboratorio de calidad de aguas, en todos los análisis realizados incluyendo las muestras que no se analizaron, representan un desecho por ser peligroso o no peligroso, y es importante el adecuado almacenamiento. Para esto hay que tener en cuenta una adecuada distribución sobre la bodega de almacenamiento además de tener la precaución de cumplir con todas las normas sobre distribución, seguridad y etiquetado.

Los residuos ya sean residuos peligrosos o no peligrosos deben estar almacenados en un recipiente adecuado que sea resistente con las características de la sustancia; ya sea por ser tóxicos, irritantes, corrosivos, explosivos, inflamables, comburentes, nocivos, etc., lo cual conlleva a una distribución de acuerdo a las incompatibilidades, además las sustancias deben estar debidamente etiquetadas, la cual debe contener la mayor información posible, como el nombre de la sustancia, características, fechas de envasado, pictogramas, etc.

La zona destinada para el almacenamiento, debe poseer la infraestructura adecuada, así como tener un acceso restringido, además de poseer un inventario, que proporcione información actualizada y práctica, para poder desarrollar un plan de gestión de residuos. Es importante mantener inspecciones continuas para verificar la inexistencia de derrames, el buen estado de los envases, fuga de gases, etc. Por lo que no es recomendable mantener por mucho tiempo un residuo o desecho dentro del almacén.

### **Definiciones generales para el almacenamiento**

**Bodega común general.** Recinto destinado al almacenamiento general de materiales no peligrosos. En dicha bodega pueden almacenarse materiales peligrosos en un sector exclusivo, debidamente señalizado, separados solamente por distancias de seguridad. En todo caso, los materiales deberán estar debidamente envasados y etiquetados.

**Bodega común para sustancias peligrosas.** Recinto exclusivo para el almacenamiento de sustancias peligrosas, que sean compatibles entre sí y que las cantidades proyectadas de almacenamiento no representen riesgos a la salud y/o el medio ambiente.

**Bodega adyacente.** Recinto exclusivo destinado para el almacenamiento de las sustancias peligrosas, separado de otras construcciones por dos muros comunes.

**Bodega separada.** Recinto destinado para el almacenamiento de las sustancias peligrosas, independiente, exclusivo y separado de otras construcciones, por distancias de seguridad entre 5 o 6 metros como mínimo, dependiendo de la cantidad almacenada. (MARN, 2002).

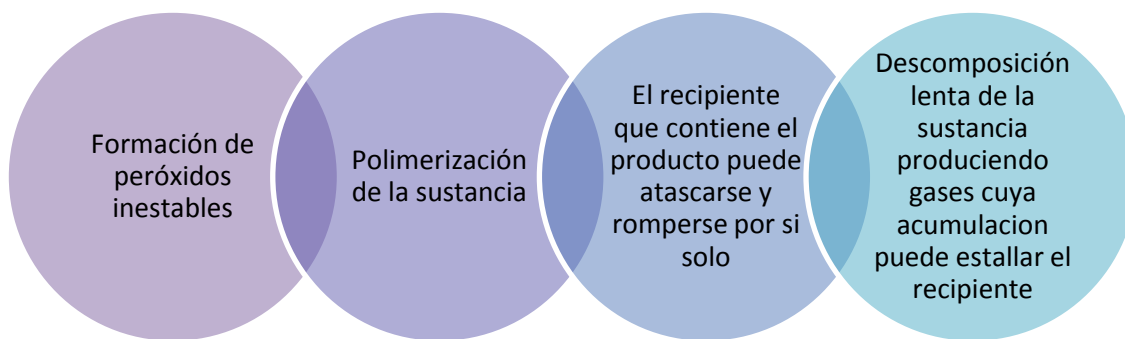
**Criterios para la evaluación ambiental de los sitios destinados al almacenamiento de sustancias, residuos y/o desechos peligrosos (MARN, 2002).**

**Condiciones específicas de almacenamiento**

No	Condición requerida	NA	Si	No
1	Para el almacenamiento de gases, se indican los tipos de gases y las medidas de seguridad necesarias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Todos los cilindros con gases están almacenados en posición vertical y sujetos o encadenados a la pared o en una baranda que impida su volcamiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Se encuentran señalizaciones de prohibición de no fumar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Los materiales peligrosos están lejos de instalaciones Eléctricas para evitar un corto circuito.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	En bodegas de gases inflamables, la instalación eléctrica es la adecuada para ambiente inflamable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Las sustancias peligrosas estarán contenidas en recipientes Adecuados (sacos, barriles u otros).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Las sustancias peligrosas están almacenadas en estanterías O sobre tarimas, segregadas, independientes o separadas según su clasificación específica e incompatibilidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	El almacenamiento de los materiales no obstruye las vías de acceso y/o evacuación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Principios generales para el almacenamiento de residuos.**

El almacenamiento prolongado de los residuos puede dar como resultado distintas transformaciones, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 1.10: Resultados del almacenamiento prolongado**

Fuente: GESTIÓN DE RESIDUOS: manual de gestión de residuos, universidad de Castilla-La Mancha

Como principios generales para almacenado de residuos peligrosos, deberán observarse los siguientes enunciados:

- Almacenar los residuos en función de la incompatibilidad entre familias de productos químicos. Ponga las botellas o recipientes grandes en las zonas inferiores de cualquier estantería o armario de almacenado.
- No utilizar como superficie de almacenamiento el suelo del almacén para los recipientes frágiles (cristal) ya que tienden a romperse con mayor facilidad.
- Los residuos que requieran almacenado refrigerado deben contener este requisito expuesto en la etiqueta, y sellados para evitar el escape de vapores. Utilice únicamente refrigeradores diseñados para almacenar sustancias químicas, no utilice frigoríficos domésticos. Los líquidos inflamables, en caso de ser almacenados en refrigerador, ÚNICAMENTE se aceptará si todos los dispositivos eléctricos del refrigerador son antideflagrante.
- Inspeccionar las áreas de almacenado de residuos periódicamente, eliminando los envases y tapones dañados. Reemplace las etiquetas deterioradas o perdidas.
- Recordar que un almacén ordenado y despejado es un almacén MAS SEGURO.

### **Descripción general de la instalación.**

Los residuos y desechos generados en el laboratorio de calidad de agua, idealmente deben ser desactivados ya sea por métodos fisicoquímicos, físicos, químicos, biológicos, etc., para

luego realizar su disposición final, pero mientras estos residuos no reciben la gestión adecuada, se mantienen almacenados temporalmente.

Debe existir un adecuado procedimiento para el manejo y recepción de los desechos, además de que los procesos de gestión se hayan llevado a cabo correctamente, maximizando la cantidad de residuos enviados a reciclaje, reutilización y recuperación así minimizando los que reciben tratamiento para eliminar su peligrosidad.

El área destinada a almacenamiento de residuos y desechos, debe estar diseñada para contener almacenados el máximo de residuos que pueden generar el análisis de todos los parámetros y sobreestimar por una posible expansión del laboratorio de calidad de aguas. Contar con zonas señalizadas y destinadas según las características de los desechos y residuos así sea tóxico, inflamable, etc.

Además debe ser un lugar ventilado para la renovación de aire en su interior y deberá contar con elementos según la legislación vigente por ejemplo el control de derrame. Además de contar con instrumentos de limpieza adecuados, como material absorbente en caso de derrame.

No pueden pasar desapercibidas recomendaciones tales como:

- En caso de derrame no mezclar los residuos, esto aumentara su peligrosidad y dificultara la correcta gestión.
- Mantener el almacén en condiciones adecuadas de seguridad y limpieza, manteniendo visibles las etiquetas de los contenedores.

### **Principios básicos de diseño.**

Los requisitos generales para almacenar desechos y residuos se presentan en la siguiente figura:

Características estructurales adecuadas (accesos, vías de circulación, superficies de trabajo, etc.)

Suelo impermeable, para que no exciten filtraciones en el terreno hasta el subsuelo.

Zona totalmente techada para evitar que la lluvia arrastre sustancias peligrosas

Ventilación por dilución suficiente

Medios mecánicos para manipulación de cargas

Adecuada señalización para las incompatibilidades de las sustancias y de seguridad ocupacional.

Equipos de protección colectiva e individual adecuados

Instalación eléctrica de seguridad

**Figura 1.11: Principios básico de diseño.**

Fuente: Gestión de Residuos: manual de gestión de residuos, universidad de Castilla- La Mancha

En la siguiente figura se presenta algunos parámetros para la protección contra incendios.

Medios de protección contra incendios adecuados:

- Compartimentación
- Detección
- Alarma
- Extintores
- Señalización. paneles, señales visuales y sonoras
- Medios de control de fugas, derrames y vertidos específicos
- Señalización de seguridad, evacuación y emergencia
- Personal formado.

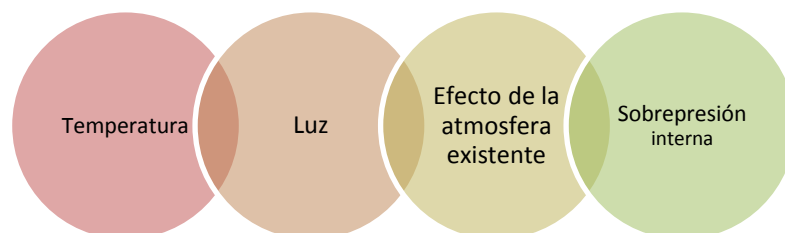
**Figura 1.12: Medios para la protección contra incendios.**

Fuente: Gestión de Residuos: Manual de gestión de residuos, Universidad de Castilla- La Mancha

## Principales riesgos en el almacenamiento.

Dentro del almacenamiento de residuos y desechos hay puntos que se deben tomar en cuenta:

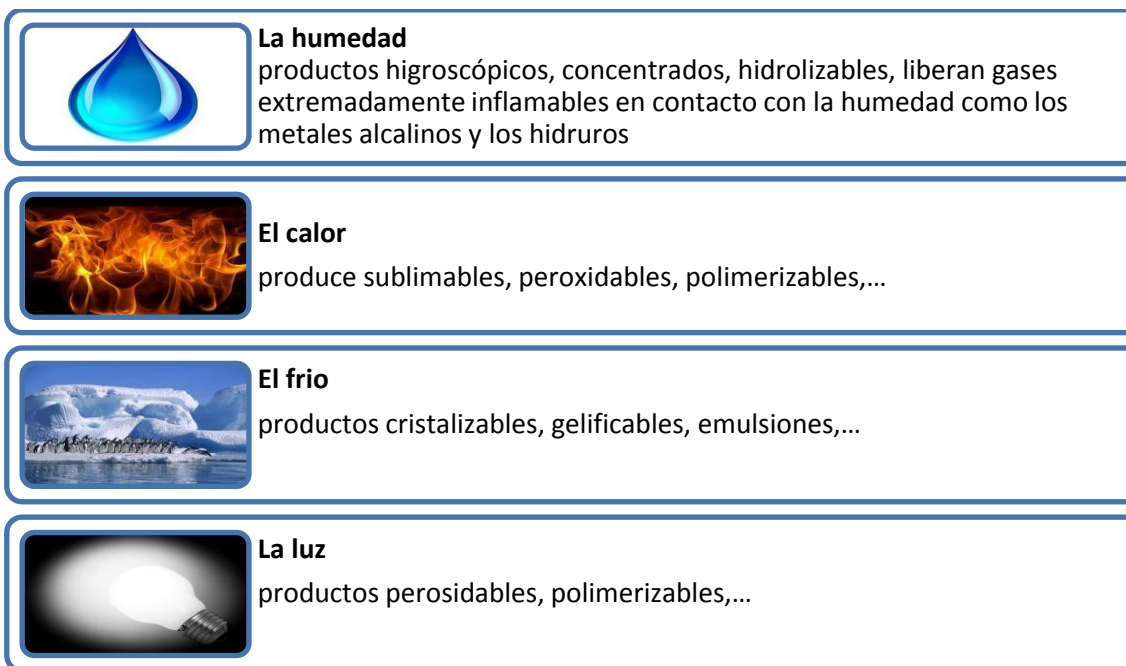
- Riesgo de incendio y explosión: la distribución inadecuada de desechos y residuos, así como la falta de medidas de prevención puede ocasionar accidentes dentro de almacén, provocando incendios y explosión, los cuales pueden propagarse rápidamente.
- Riesgo de caída o vuelco de recipientes: la no señalización, el exceder la estibación de los envases, así como el no colocarlos adecuadamente (según su distribución), puede provocar accidentes que se traducen en derrames, rotura de envases y de estantes; provocando así lesiones físicas hacia el personal, además de que se puede entrar en contacto con sustancias peligrosas, sin dejar de lado daños ambientales.
- Fragilidad de los envases: se debe tener conocimiento sobre las propiedades de las sustancias a almacenar, y poder seleccionar el tipo de material adecuado, evitando así fugas, roturas o descomposición de los desechos o residuos. Para lo que se debe tomar en cuenta factores como:



**Figura 1.13: Factores de descomposición en envases para el almacenado.**

Fuente: Gestión de Residuos: Manual de gestión de residuos, Universidad de Castilla-La Mancha

- Para el almacenamiento la infraestructura además del diseño, deben ser adecuados y cumplir con las normas vigentes, ya que hay sustancias que pueden sufrir modificación o degradación según las condiciones en donde se encuentre, se debe tomar en cuenta factores como los mostrados en la siguiente figura.



**Figura 1.14: Factores para degradación o modificación de una sustancia.**

Fuente: Gestión de Residuos: Manual de gestión de residuos, Universidad de Castilla-La Mancha

- Antigüedad y envejecimiento: los desechos y residuos almacenados durante mucho tiempo tienden a formar otras sustancias, hay alteración o degradación por las condiciones del almacén, estas alteraciones pueden llevar un producto no peligroso a uno peligroso, por lo que es importante el control de entradas y salidas de desechos y residuos.
- Falta de señalización: la señalización nos ayuda en gran medida a evitar accidentes, indicando las salidas de emergencia, equipo adecuado contra accidentes, zonas del almacén, etc.

### **Incompatibilidades químicas según etiquetado de sustancias químicas almacenadas.**

Es importante tener en cuenta la incompatibilidad química para su adecuado almacenamiento por lo cual se presenta a continuación una tabla resumen.



*Tabla 1.7: Incompatibilidad química de sustancias almacenadas.*

	Inflamables	Explosivos	Tóxicos	Comburentes	Nocivos Irritantes	corrosivos
<b>Inflamables</b>	+	-	-	-	+	-
<b>Explosivos</b>	-	+	-	-	-	-
<b>Tóxicos</b>	-	-	+	-	+	-
<b>Comburentes</b>	-	-	-	+	0	-
<b>Nocivos Irritantes</b>	+	-	+	0	+	-
<b>corrosivos</b>	-	-	-	-	-	+

+, Se pueden almacenar conjuntamente.

0, Sólo pueden almacenarse juntas, si se adoptan medidas especiales de prevención.

-, No deben almacenarse conjuntamente.

Fuente: Norma de almacenamiento de sustancias químicas. Ministerio de Salud pública. El Salvador 20

#### **1.4.6 Tratamientos específicos aplicados a residuos**

De los residuos generados en los laboratorios de calidad de agua muchos representan peligro al medio ambiente así como al ser humano, por lo que es necesario recurrir a métodos de tratamiento, aunque estos muchas veces producen otros residuos o desechos así como gases, o precipitados. Estos tratamientos tienen como propósito reducir el grado de peligrosidad. En si a los procesos que se puede recurrir son:

Físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•tales como procesos de separacion y reduccion de volumen</li> </ul>
Químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•donde existe un proceso de transformación del residuo median la adición de una serie de compuestos químicos para alcanzar el objetivo deseado.</li> </ul>
Físico-Químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•que involucran tanto los procesos físicos como los químicos mediante los cuales se modifican las propiedades químicas y físicas de un residuo.</li> </ul>
Biológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•que consisten en la descomposición de contaminantes por acción de un conjunto de microorganismos.</li> </ul>
Térmicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•cuando se utilizan hornos a altas temperaturas para la destrucción de los residuos.</li> </ul>
De estabilización	<ul style="list-style-type: none"> <li>•en los que los contaminantes de un residuo son transformados en formas menos tóxicas o menos móviles o solubles.</li> </ul>
De solidificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>•proceso que genera una masa sólida monolítica de residuos tratados</li> </ul>

**Figura 1.15: Tratamientos aplicables**  
Fuente: Gestión Integral de Residuos o Desechos

Para conocer el método de tratamiento aplicable a la sustancia hay que tomar en cuenta la naturaleza del residuo así sus características, composición, concentración, volumen; también la potencialidad de recuperación de materiales.

### **Tratamientos físicos**

Los tratamientos físicos se utilizan en gran medida para la separación del residuo en sus fases o en sus componentes y la concentración de las sustancias responsables de su peligrosidad. Los más utilizados son:

**Tabla 1.8: Tipos de tratamiento físico.**

TIPO DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
SEPARACIÓN MANUAL	Elimina residuos seleccionados mediante inspección visual
CRIBADO Y TAMIZADO	Elimina el material grueso
SEDIMENTACIÓN	Asienta los sólidos para separarlos del líquido
DECANTACIÓN	Elimina el contenido de agua
CENTRIFUGACIÓN	Elimina el contenido de agua
AUTOCLAVE	Esteriliza los residuos mediante calor y presión
FILTRACIÓN	Separa mezclas heterogéneas de sólidos y líquidos
ABSORCIÓN	Adhiere contaminantes sobre superficies controladas
LAVADO DEL SUELO	Extrae contaminantes solubles
SECADO DEL LODO	Elimina líquidos retenidos en los lodos

Fuente: Gestión Integral de Residuos o Desechos. Ministerio de Medio Vivienda y Desarrollo territorial. 2009

### **Tratamiento químico**

Dentro de los tratamientos químicos existe una alteración de la composición de sus constituyentes, esto gracias a reacciones que se producen por la adición de agentes químicos, estos procesos puede generar vapores o sustancias no deseadas.

**Tabla 1.9: Tipos de tratamiento químico.**

TIPO DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
REDUCCIÓN Y OXIDACIÓN QUÍMICA	Utiliza agentes oxidantes y reductores para transformar los componentes
NEUTRALIZACIÓN	Neutraliza el pH
PRECIPITACIÓN	Separa los componentes peligrosos de la solución
DECLORACIÓN	Elimina el cloro de los materiales orgánicos
HIDRÓLISIS	Separa los componentes añadiendo agua
ELECTROLISIS	Separa los compuestos químicos mediante descarga eléctrica

Fuente: Gestión Integral de Residuos o Desechos. Ministerio de Medio Vivienda y Desarrollo territorial. 2009

## Tratamiento físico-químico

Estos tipos de tratamientos involucran procesos físicos y/o químicos como su nombre lo indica, por lo que las propiedades de las sustancias son modificadas tanto en forma física como química, los principales tratamientos de este tipo son:

*Tabla 1.10: Tipos de tratamiento físico-químico.*

TIPO DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
EXTRACCIÓN DE SOLVENTES SEPARACIÓN DE LA MEMBRANA - SEMIPERMEABLES	Utiliza un solvente inmiscible para disolver material orgánico en la solución acuosa
FLOCULACIÓN Y COAGULACIÓN	Agrega componentes puros
"STRIPPING" / DESORCIÓN	Separa los componentes volátiles del líquido, sometiéndolos a una corriente de gas
LIXIVIACIÓN	Elimina los componentes solubles del material sólido
LIMPIEZA	Elimina los componentes de la corriente de gas o líquida, por contacto con el líquido/mezcla o polvos de limpieza
IRRADIACIÓN DE UVA/ OZONÓLISIS	Separa los componentes peligrosos mediante ozono/energía
INTERCAMBIO DE IONES	Intercambio con especies iónicas disueltas mediante el contacto con resina

Fuente: Gestión Integral de Residuos o Desechos. Ministerio de Medio Vivienda y Desarrollo territorial. 2009

## Tratamientos biológicos

Los tratamientos biológicos consisten en la descomposición de la materia orgánica por organismos vivos, produciendo compuestos de menor poder contaminante. Se produce una insolubilización de la materia orgánica, en forma de microorganismos que sedimentan formando flóculos, pudiendo ser retirados como fango biológico. Los tratamientos biológicos pueden ser aerobios o anaerobios, según intervenga el oxígeno como oxidante o no. Los tipos más comunes son:

**Tabla 1.11: Tipos de tratamiento biológicos.**

TIPO DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
LODOS ACTIVADOS	Biodegradación de especies orgánicas con lodo bioactivado en fase acuosa
BIOLOGICO GIRATORIO	Elimina las especies orgánicas acuosas en contacto con el filtro bacterial rico
LAGUNAS AIREADAS Y DE ESTABILIZACIÓN	Se eliminan los residuos orgánicos en cavidades profundas con oxígeno
DIGESTIÓN ANAEROBIA	Degrada los residuos orgánicos en ausencia de oxígeno
UTILIZACIÓN DEL SUELO	Biodegrada la materia orgánica mediante la acción de los microorganismos del suelo
BIORREMEDIACIÓN	Proceso utilizado para detoxificar contaminantes en ambientes como mares, estuarios, lagos, ríos y suelos usando de forma estratégica microorganismos o sus enzimas.
LAND FARMING	Remediación biológica mediante la cual los materiales contaminados son esparcidos en una superficie de suelo, o son extraídos del lugar y apilados sobre una superficie impermeable, para que presentes generen materiales inocuos para el ambiente, o subproductos estabilizados que no representan peligro.
FITORREMEDIACIÓN	Aprovechamiento de la capacidad de ciertas especies vegetales para extraer del suelo a través de sus raíces, contaminantes inorgánicos tales como metales pesados y acumularlos en su tejido vegetal.

Fuente: Gestión Integral de Residuos o Desechos. Ministerio de Medio Vivienda y Desarrollo territorial. 2009

### **Estabilización, solidificación y encapsulamiento**

La aplicación de la estabilización y solidificación se aplica básicamente a residuos sólidos y lodos inorgánicos, en donde menos del 10% o 20% de la materia es orgánica, porque los residuos orgánicos generalmente sufren degradación, lo que no es muy viable para estas técnicas.

- **Estabilización**

En esta técnica tiene como propósito también hacer menos peligrosa una sustancia. Se dan transformaciones mediante reacciones químicas que fijan los compuestos tóxicos en polímeros impermeables o en cristales estables, con este proceso se obtiene mejorar las características físicas del residuo, se disminuye el área superficial que es donde se transfieren los contaminantes, se reduce la solubilidad de los contaminantes, además de reducir la peligrosidad de las sustancias.

- Solidificación

Con este método se produce masa sólida monolítica, mejorando así las características físicas de las sustancias, facilitando el manejo, transporte y disposición final. Se reduce la transferencia de masa y la solubilidad de los contaminantes existentes.

- Encapsulamiento

Para esta técnica son usados polímeros, polietileno, urea formaldehído, poliéster y butadieno.

### Tratamientos térmicos

Para este tratamiento se emplea temperaturas altas para la destrucción de contaminantes, ya sea eliminando o reduciendo su peligrosidad, esta puede ser aplicable a variedad de residuos, reduce los volúmenes, además contribuye a la recuperación energética, aunque se generan emisiones de gases de alta peligrosidad. Los tipos de tratamientos son los siguientes:

*Tabla 1.12: Tipos de tratamiento térmico.*

TIPO DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
INCINERACIÓN	Combustión completa utilizando el oxígeno excedente
CO-PROCESAMIENTO	Utilización de la misma unidad de producción de clinker para la combustión de residuos
PIROLISIS	Descomposición térmica en ausencia total de oxígeno
GASIFICACIÓN	Combustión incompleta en ausencia parcial de oxígeno
ARCO DE PLASMA	Volatilización y posterior combustión del residuo por contacto con un gas energizado. La tecnología es aplicable a residuos orgánicos líquidos finamente divididos y puede ser utilizada para residuos con alto contenido de cloro, pesticidas, PCB, dioxinas y furanos
OXIDACIÓN EN SAL FUNDIDA	Oxidación sin llama, desarrollada a temperaturas entre 1500°C y 2000°C, donde las sustancias orgánicas son oxidadas por el oxígeno en una cámara de reacción donde se encuentra una sal alcalina fundida

Fuente: Gestión Integral de Residuos o Desechos. Ministerio de Medio Vivienda y Desarrollo territorial. 2009

#### 1.4.7 Etiquetado de residuos peligrosos.

Todos los residuos peligrosos deben colocarse una etiqueta para su respectiva identificación y facilitar su manejo y disposición final, evitando así riesgos de contaminación ambiental o



























por incompatibilidad con otros productos. Durante el manejo de estos residuos pasan por varias personas y la información que estos contengan en su etiqueta es fundamental para que en cada etapa que se le aplica al residuo. Es importante tener en cuenta, comprobar la adecuada etiqueta de recipientes y botella; etiquetar debidamente las soluciones preparadas en el laboratorio; no reutilizar envases para otros productos sin quitar la etiqueta original y no sobreponer etiquetas. Una etiqueta debe de contener la información mínima que se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 1.13: Contenido de etiquetado.**

<b>Contenido</b>	<b>Descripción</b>
Fecha de acumulación	La fecha de acumulación (inicio) debe estar en conformidad con la regulación vigente. Se debe llenar día, mes y año, y recordar que muchos residuos son muy inestables. En esta sección se debe indicar la última fecha en que se agregaron o mezclaron residuos.
Información del generador	En esta sección se identifica claramente el nombre de la persona que generó el residuo. Esta información permitirá rastrear al generador desde el sitio de disposición final en caso de requerirse. Se debe indicar la ubicación exacta donde se generó el residuo.
Descripción química	Se debe indicar el nombre completo de cada componente sin utilizar fórmulas o abreviaturas. Se debe contar con una hoja de datos de seguridad para todos los componentes del residuo. Se deben listar todos los componentes, incluso el agua si se trata de un residuo acuoso. También se debe indicar la concentración relativa al 100% de los componentes. En caso de no contar con la información específica sobre la mezcla de residuos, se puede indicar en la etiqueta la cantidad de residuos que se hayan mezclado.
Estado físico	La información sobre el estado físico es muy importante para efectos de manejo. Las etiquetas y los formatos deben estar marcados de forma explícita.
Categoría de peligro	Señalar el tipo de peligro de acuerdo con sus características CRIT. De ser posible, especificar el peligro potencial. Hacer uso del juicio, las Hojas de Datos de Seguridad, y determinar la categoría primaria del riesgo.
Fuente: Fernández, María. Manual y gestión de residuos y seguridad en laboratorios ambientales. Centro de desarrollo tecnológico, LEIA. 2008.	

El etiquetado General para el manejo de sustancias químicas se le debe incorporar el pictograma respectivo a su gravedad. Desde el año 2010 se sustituyó el antiguo de pictograma por otro nuevo de la siguiente manera:

**Tabla 1.14: Pictogramas para el manejo de sustancias químicas.**

Peligros	Pictogramas Antiguos	Pictogramas Nuevos
Peligros Físicos		
Explosivos		
Inflamables		
Comburentes		
Gases a presión	-----	
Corrosivos		
Peligros para la Salud		
Toxicidad aguda (oral, cutánea, por inhalación)		 ó 
Lesión ocular grave o irritación ocular. Corrosión o irritación cutánea		 ó 
Sensibilización respiratoria o cutánea	-----	 ó 
Mutagenicidad en células germinales	-----	
Carcinogenicidad	-----	
Toxicidad para la reproducción y efectos sobre la lactancia o a través de ella	-----	
Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única)	-----	 ó 
Toxicidad específica en determinados órganos tras exposiciones repetidas	-----	
Peligro por aspiración	-----	
Peligros para el Medio Ambiente		
Peligros para el medio ambiente acuático		

Fuente: <http://www.prl-creex.es/j2.5/noticias/20-noticias-funprl-2011/346-nuevos-pictogramas-de-peligro-para-la-clasificacion-etiquetado-y-envasado-de-sustancias-quimicas.html>



Para el transporte de material también se exige un etiquetado para el conocimiento del riesgo de la sustancia se usa como referencia etiquetado NFPA-704 de la National Fire Protection Association, así se muestra la figura siguiente.



**Figura 1.16: Etiqueta de transporte de residuos químicos.**

Fuente: Fernández, María. Manual y gestión de residuos y seguridad en laboratorios ambientales. Centro de desarrollo tecnológico, LEIA. 2008.

### 1.4.8 Manejo y transporte de desechos.

El manejo de residuos químicos requiere cierto grado de responsabilidad, la inexperiencia o la falta de información puede llevar a accidentes industriales que pueden generar pérdidas humanas y económicas. Los residuos químicos por sus propiedades fisicoquímicas deben ser transportados en envases y embalajes especiales que cumplan con las exigencias sanitarias para facilitar su manejo.

## **Tipos de envases.**

Cuando se trate de residuos no peligrosos no reciclables, el envasado se realiza en bolsas de basura soportadas en papeleras, que una vez llenas se depositan en los contenedores municipales de basura. En el caso de residuos no peligrosos reciclables (como el papel y el vidrio), se recoge cada uno de ellos en contenedores específicos por separado y se depositan en los contenedores municipales destinados al efecto, también por separado. El envasado y correspondiente separación de los residuos químicos peligrosos es algo más complejo. Para ello, se emplean distintos tipos de bidones o recipientes, dependiendo del tipo de residuo y de la cantidad producida. Para los residuos del grupo I al VII es recomendable emplear envases homologados para el transporte de materias peligrosas (Fex, 2000).

La elección del tipo de envase también depende de cuestiones logísticas como la capacidad de almacenaje del laboratorio. Algunos tipos de posibles envases a utilizar son los siguientes:

*Tabla 1.15: Tipos de envases.*



	<p>Contenedores (garrafas) de polietileno de 5 o 30 litros de capacidad. Se trata de polietileno de alta densidad resistente a la mayoría de productos químicos. También pueden emplearse envases originales procedentes de productos, siempre que estén correctamente etiquetados y marcados.</p>
<p>Bidones de polietileno de 60 y 90 litros de capacidad y boca ancha, destinados al material desechable contaminado.</p>	

Tabla 1.15. Tipos de envase (continuación)

	<p>Cajas estancas de polietileno con un fondo de producto absorbente, preparadas para el almacenamiento y transporte de reactivos obsoletos y otros productos especiales.</p>
<p>Envases de cartón rígido, de un solo uso, de 30 y 60 litros de capacidad, con una bolsa interior de polietileno y doble sistema de cierre. Homologados y rotulados para residuos peligrosos.</p>	
<p>Envases de seguridad, provistos de cortafuegos y compensación de presión, idóneos para productos muy inflamables (muy volátiles) o que desprendan malos olores.</p>	
<p>Fuente: De Fex, Rafael. Manejo de sustancias químicas. Administradora de Riesgos profesionales, SURATEP. 1 Edición. 200. Medellín Colombia.</p>	

En la elección del tipo de envase se debe tomar en cuenta la posible incompatibilidad entre el envase y el residuo. Por ejemplo, en la utilización de envases de polietileno, es preciso tener en cuenta algunas recomendaciones, las más importantes de las cuales se resumen a continuación (Fernández, 2010).

**Tabla 1.16: Recomendaciones referentes al uso de envases de polietileno para el almacenamiento de residuos**

<b>Producto</b>	<b>Recomendación</b>
<b>Bromoformo y Sulfuro de Carbono</b>	No utilizar
<b>Ácido butírico, Ácido benzoico, Bromo y Bromo-benceno</b>	No utilizar en periodos de almacenamiento superior a un mes
<b>Cloruro de amilío, cresoles, dietiléter, éter haluros de ácido, nitrobenceno, percloroetileno, tricloroetileno y tricloroetano</b>	No utilizar con el producto a temperaturas superiores a 40°C
<b>Diclorobencenos No utilizar en periodos de almacenaje</b>	Superiores a un mes
Fuente: Fernández, María. Manual y gestión de residuos y seguridad en laboratorios ambientales. Centro de desarrollo tecnológico, LEIA. 2008.	

### **Etiquetado e identificación de los envases.**

Todos los residuos y sus recipientes deberán estar identificados (indicación del productor) y correctamente etiquetados (indicación del contenido) de acuerdo con las disposiciones legales de cada país sobre clasificación, envasado y etiquetado. Debe tenerse en cuenta que un residuo es frecuentemente una sustancia o un preparado peligroso, y tiene que estar claramente advertido para que su manipulación pueda efectuarse en las condiciones de seguridad apropiadas.

La identificación de los residuos químicos peligrosos debe incluir los datos de la empresa productora, el nombre del responsable del residuo y las fechas de inicio y final de llenado del envase (Fernández, 2010).

### **Recepción, despacho y transporte de sustancias**

Cuando se reciben sustancias peligrosas se entregara una clara identificación de los productos por medio de la hoja de seguridad y por la especificación de la factura. Además se incluirán las características del producto, la cantidad y la condición de transporte. Si las sustancias o los envases no están en buenas condiciones y presentan un posible peligro, se tomaran las acciones necesarias para evitar accidentes. Los productos químicos peligrosos nunca se transportaran junto a productos de otro tipo como alimentos (Fernández, 2010).

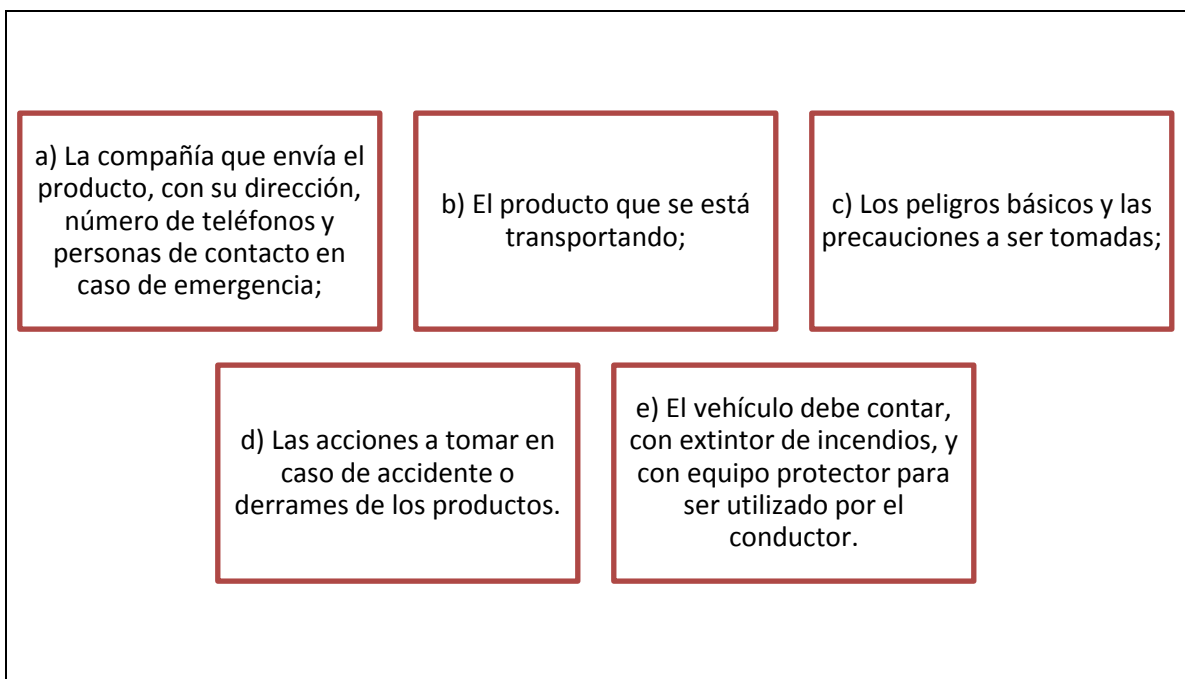
## **Transporte**

Las instituciones vinculadas con la actividad de transporte podrán intercambiar información básica. Con la información disponible se pretende alimentar una base de datos integrada, administrada por el MARN y que facilite a las instituciones vinculadas en esta etapa del ciclo de vida, realizar consultas relacionadas con la gestión de materiales peligrosos.

La información a compartir en la etapa de transporte incluye datos como: nombre del titular, lista de sustancias y cantidades de materiales peligrosos autorizados, planes de contingencia. El objetivo de ponerla a disposición de las instituciones se basa en el criterio de que permitirá establecer una efectiva vigilancia y control del manejo de las sustancias peligrosas y puede servir para atender emergencias o consultas técnicas.

Las instituciones con las que el MARN compartirá información en la etapa de transporte serán Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Cuerpo de Bomberos de El Salvador (Normativa de aguas residuales especiales, 2002).

Los vehículos que transportan sustancias peligrosas tendrá toda la documentación apropiada, como las hojas de seguridad, tarjetas de emergencia en transporte, etc. Esta tarjeta incluirá los aspectos que se presenta en la figura siguiente.



**Figura 1.17: Requisitos de una tarjeta de seguridad.**

Fuente: Fernández, María. Manual y gestión de residuos y seguridad en laboratorios ambientales. Centro de desarrollo tecnológico, LEIA. 2008.

Para el manejo de compuestos químicos peligrosos se recomienda tomar en cuentas estas medidas

- Conocer la reactividad de los productos de la reacción
- Asegurarse de disponer del material adecuado
- Instalar el montaje experimental en una vitrina cerrada o en una mesa entre pantallas móviles
- Utilizar la cantidad mínima de reactivos
- Llevar equipo de protección personal
- Tener uno o varios extintores al alcance de la mano. (Departamento de de prevención de riesgos laborales, 2011)

### **Higiene personal y equipamiento de seguridad**

Todo el personal que interactúe con los residuos peligrosos, tendrá las ropas adecuadas así como también las instalaciones de cambio y lavado de ropas en un área separada. Se

realizara un lavado frecuente de las ropas contaminadas o sucias ya sea en la propia instalación y en algunos casos fuera de ella en entidades especiales.

No se permitirá comer, beber o fumar en las áreas de trabajos donde existan sustancias peligrosas.

Para trabajo rutinario con sustancias peligrosas se contara al menos con el siguiente equipamiento de seguridad.

a) Casco protector o gorro protector
b) Lentes de seguridad o anteojos de seguridad
c) Mascaras para polvo o gases, aerosoles peligrosos
d) Guardapolvo o traje de trabajo
e) Guantes de goma o plásticos
f) Delantal plástico o de goma
g) Zapatos o botas de seguridad

**Figura 1.18: Equipamiento de seguridad industrial necesario para el manejo de residuos químicos**

Fuente: Fernández, María. Manual y gestión de residuos y seguridad en laboratorios ambientales. Centro de desarrollo tecnológico, LEIA. 2008.

Es importante tener en cuentas estas medidas:

- El acceso al laboratorio estará limitado, a juicio del responsable del mismo, cuando los experimentos estén en marcha.
- Las superficies donde se trabaja deben ser descontaminadas una vez al día y siempre que haya un derrame de material infeccioso.
- Prohibido pipetear líquidos con la boca.
- No está permitido comer, beber, fumar o aplicarse cosméticos en el laboratorio.

- La comida se almacenará en armarios o refrigeradores destinados a tal fin y situados fuera de la zona de trabajo.
- Antes de dejar el laboratorio el personal que haya manejado materiales o animales debe lavarse las manos.
- Cualquier técnica o manipulación debe ser efectuada de manera que minimice la creación de aerosoles.
- Se recomienda el empleo de batas u otro tipo de equipamiento que prevenga la contaminación de la ropa de calle.
- Los materiales contaminados se irán depositando en contenedores apropiados.
- Debe existir programa de desinsectación y desratización.

#### **1.4.9 Disposición final de desechos.**

La disposición final de desechos se refiere a la etapa final de manejo del residuo, el cual consiste en transportar los desechos a un lugar de manera permanente para seguir un tratamiento sanitario y ambientalmente seguro.

#### **Alternativas de disposición final**

- **Vertido**

Cuando se habla de vertido se refiere, a desechar las sustancias líquidas, sólidas o pastosas, previamente desactivadas las cuales ya no representan ningún peligro, ya sea en aguas residuales o en un vertedero.

Según la norma salvadoreña de; *la Norma para regular calidad de aguas residuales de tipo especial descargas al alcantarillado sanitario*, la cual brinda un listado de sustancias que no pueden ser desechadas al alcantarillado:



1. Materias sólidas y líquidas, que por sí solas o por interacción con otras, puedan solidificarse o dar lugar a obstrucciones o dificulten el normal funcionamiento de los sistemas de recolección de aguas residuales.
  - Fragmentos de piedra, cenizas, vidrio, arena, basura, fragmentos de cuero, textiles
  - Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio
  - Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán, lacas
  - Gasolina, petróleo, aceites lubricantes, aceites vegetales, grasas, ácidos y álcalis
  - Fosgeno, sulfuro de hidrógeno, cianuro de hidrógeno.
  - Otras sustancias con propiedades similares.
2. Líquidos explosivos o inflamables.
3. Líquidos volátiles, gases y vapores inflamables o tóxicos.
4. Materias que por su naturaleza, propiedades y cantidad, ya sea por ellas mismas o por interacción con otras, puedan originar la formación de mezclas inflamables o explosivas con el aire o bien produzcan olores desagradables.
5. Materias que como consecuencia de procesos y reacciones que puedan llevarse a cabo dentro de la red, manifiesten alguna propiedad corrosiva o incrustante, capaz de dañar el material de las instalaciones y perjudiquen al personal encargado de la inspección.
6. Sustancias químicas tales como plaguicidas y productos farmacéuticos no regulados en ésta Norma.
7. Elementos o sustancias radioactivas en cantidades y concentraciones que infrinjan las reglamentaciones establecidas al respecto por las autoridades competentes.
8. Residuos provenientes de establecimientos hospitalarios, clínicas, laboratorios clínicos y otros similares que no posean tratamientos especiales para eliminar los desechos biológicos infecciosos.
9. No se acepta la dilución con aguas ajenas al proceso del establecimiento emisor como procedimiento de tratamiento de los efluentes líquidos, para lograr una reducción de cargas contaminantes.
10. En caso de descargas discontinuas deberá utilizarse un sistema adecuado a fin de regular el flujo, evitando descargas puntuales de grandes volúmenes.

11. Los sedimentos, lodos y/o sustancias sólidas provenientes de los sistemas de tratamiento de efluentes líquidos no podrán disponerse en sistemas de recolección de aguas residuales para su disposición final.
12. Descargas de aguas lluvias al Sistema de Alcantarillado Sanitario.
13. Las descargas al alcantarillado en cualquier punto sin autorización. (Normativa de aguas residuales especiales, 2002)

Además la Normativa de aguas residuales de ANDA para regular calidad de aguas residuales de tipo especial descargas al alcantarillado sanitario también nos brinda la información sobre diferentes parámetros y su valor máximo permisible, la cual se presentó en la tabla 1.1.

De forma general a continuación se presentan compuestos con su tratamiento para poder darle la disposición de verter al desagüe.

*Tabla 1.17: Compuestos, tratamiento y disposición final.*

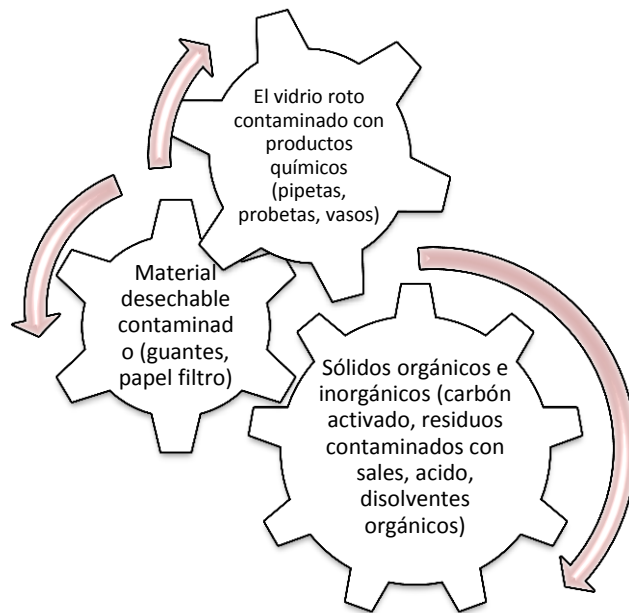
COMPUESTOS	TRATAMIENTO	DISPOSICIÓN
<b>Haluros de ácidos orgánicos</b>	Añadir $\text{NaHCO}_3$ y $\text{H}_2\text{O}$	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Clorhidrinas y nitroparafinas</b>	Añadir $\text{Na}_2\text{CO}_3$ neutralizar	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Ácidos orgánicos sustituidos</b>	Añadir $\text{NaHCO}_3$ y agua	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Aminas alifáticas</b>	Añadir $\text{NaHCO}_3$ y pulverizar agua. neutralizar	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Sales inorgánicas</b>	Un exceso de $\text{Na}_2\text{CO}_3$ y agua. Dejar en reposo (24h) Añadir. Neutralizar (HCl 6M)	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Oxidantes</b>	Tratar con un reductor (disolución concentrada). Neutralizar	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Reductores</b>	Añadir $\text{Na}_2\text{CO}_3$ y agua (hasta suspensión). Dejar en reposo (2h). Neutralizar	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Cianuros</b>	Tratar con $(\text{ClO})_2\text{Ca}$ (disolución alcalina). Dejar en reposo (24h)	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Nitrilos</b>	Tratar con una disolución alcohólica de NaOH (conversión en cianato soluble), evaporar el alcohol y añadir hipoclorito cálcico. Dejar en reposo (24h)	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Hidracinas</b>	Diluir hasta un 40% y neutralizar ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Álcalis cáusticos y amoníaco</b>	Neutralizar	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA

<b>Hidruros</b>	Mezclar con arena seca, pulverizar con alcohol butílico y añadir agua (hasta destrucción del hidruro). Neutralizar (HCl 6M) y decantar	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA Residuo de arena: enterrarlo
<b>Amidas inorgánicas</b>	Verter sobre agua y agitar. Neutralizar (HCl 3M o NH <sub>4</sub> OH 6M)	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Compuestos internometálicos (cloruro de sulfúrico, tricloruro de fósforo, etc.)</b>	Rociar sobre una capa gruesa de una mezcla de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> y cal apagada. Mezclar y atomizar agua. Neutralizar	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Peróxidos inorgánicos</b>	Diluir. Verter al desagüe. Sulfuros inorgánicos: Añadir una disolución de FeCl <sub>3</sub> con agitación. Neutralizar (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	Verter al desagüe, si cumple con la normativa de ANDA
<b>Carburos</b>	Adicionar sobre agua en un recipiente grande, quemar el hidrocarburo que se desprende. Dejar en reposo (24h).	Verter el líquido por el desagüe, si cumple con la normativa de ANDA. Precipitado sólido: Llevarlo a un sitio autorizado por el MARN para su disposición final

Fuente: manual de gestión de residuos y seguridad en laboratorios ambientales, centro de desarrollo tecnológico.

- **Vertido de solido**

Los desechos sólidos puede ser descartados sin ningún problema, siendo desechado de acuerdo a las normas vigentes y que ya no representen un daño mayor al ambiente del que por sí solas representa, es decir que no sea un residuo o desecho peligroso, en donde tenga características corrosivas, reactivas, explosivas, toxicas inflamable, irritante, infecciosas o radiactivas, estos deben de ser desactivados antes de descartarlos. Los desechos sólidos generados en los laboratorios se pueden clasificar de manera general como sigue:



**Figura 1.19: Desechos sólidos generales en laboratorios de calidad de agua.**

Fuente: Autores

- **Incineración**

La incineración como parte de la gestión de desechos y residuos, consiste en el sometimiento de altas temperaturas las cuales en presencia del oxígeno provoca la destrucción de forma parcial o total ya garantiza la oxidación de los compuestos orgánicos y evita la formación de sub-productos que pudieran ser tóxicos. La adecuada eficiencia del incinerador dependerá en gran medida de las características que los residuos presentan, como el poder calorífico, estas características se obtienen mediante un estudio previo a la incineración. Hay que tomar en cuenta los gases desprendidos en la incineración producto de residuos y desechos.

Si los residuos gaseosos de incineración contienen compuestos indeseables, se necesitan tratamientos secundarios tales como quema posterior, lavado de gas o filtración, para que las concentraciones de estos compuestos bajen a niveles aceptables antes de su emisión. Los residuos líquidos y sólidos provenientes de los procesos de estos tratamientos secundarios pueden requerir tratamientos antes de su disposición final. Las variables que tienen efectos importantes sobre la oxidación completa de los residuos son:

- i) combustibilidad,
- ii) tiempo de residencia,
- iii) temperatura de la llama y
- iv) turbulencia en la zona de reacción. La combustibilidad se caracteriza por el punto inflamador, punto de quema y punto de ignición, y a la vez es un factor importantísimo al seleccionar los procesos de incineración aplicables.
- v) matrices para aparear los tipos de residuos con los procesos de incineración.

- **Pirólisis**

La pirólisis es un proceso de gasificación y/o licuefacción de los elementos combustibles por calor en total ausencia de oxígeno, la pirólisis parcial, o más correctamente combustión hambreada de aire, es un proceso de gasificación por calor en presencia de oxígeno controlado. En realidad, los procesos comerciales de pirólisis son de pirólisis parcial.

En la pirólisis, los residuos orgánicos son destilados o vaporizados a la forma de gas combustible ( $H_2$ ,  $CH_4$ , etc.) y gas incombustible ( $T > 2$  y vapor), el cual puede ser utilizado como combustible en la cámara de combustión externa, a fin de recuperar energía a través de la tecnología convencional de caldero de calor residual. El nivel de carbón fijo en las cenizas de pirólisis es más alto que el de incineración normal (Sakurai, 1984).

El proceso de pirólisis se usa normalmente cuando los residuos tienen alto poder calorífico (más de 3,500 Btu/libra de agua contenida). Si el residuo en cuestión tiene un poder calorífico superior a 6,000 Btu/libra de agua contenida, el empleo de pirólisis es virtualmente una necesidad para prevenir el problema de la fusión de cenizas y el clínquer resultante. Este problema es muy común en la incineración normal debido a la anormalmente elevada temperatura (Sakurai, 1984).

- **Relleno de seguridad**

La disposición de residuos industriales en rellenos de seguridad constituye una alternativa muchas veces recomendable.

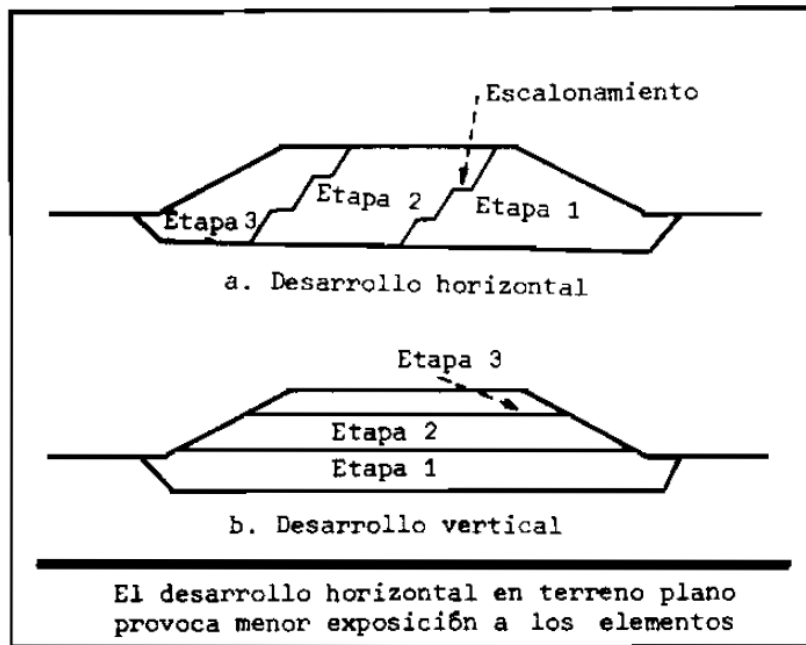
Esta forma de disposición es la que se encuentra mejor desarrollada en base a criterios de ingeniería (Sakurai, 1984).

Para no causar efectos adversos al medio ambiente, los rellenos industriales deben realizarse en base a:

- i) una cuidadosa selección del sitio,
- ii) construcción y operación criteriosas,
- iii) cierre apropiado,
- iv) cuidado después del cierre,
- v) monitoreo del agua subterránea y el lixiviado,
- vi) registro de datos.

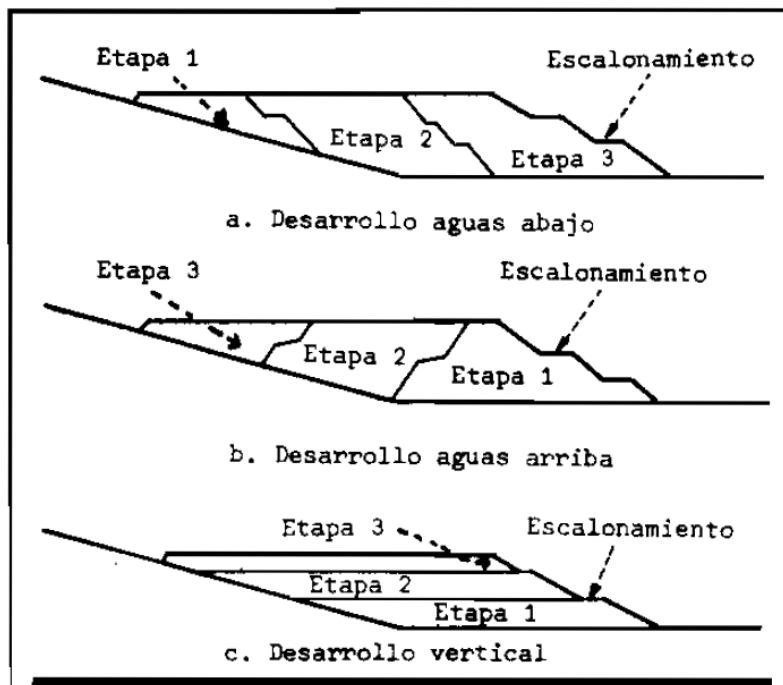
- **Esparcimiento sobre el suelo**

El esparcimiento de residuos sobre el suelo significa su aplicación sobre el suelo y/o incorporación de los mismos en el suelo superficial, incluyendo el uso de estos residuos como fertilizantes o acondicionadores del suelo. Actualmente esta alternativa es ampliamente utilizada por la industria petrolera. En el caso de los EE.UU., probablemente la mitad de los residuos petroleros aceitosos se dispone por medio de esta tecnología. Otras industrias generadoras de biodegradables, tales como las industrias farmacéutica y químico-orgánica, también están considerando la utilización de este método para sus residuos (Sakurai, 1984).



**Figura 1.20: Espaciamiento sobre suelo tipo 1**

Fuente: Sakurai, Kunitochi. Tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencia del ambiente. Organización Panamericana de la Salud. 1984. Buenos aires, Argentina



**Figura 1.21: Espaciamiento sobre suelo tipo 2**

Fuente: Sakurai, Kunitochi. Tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencia del ambiente. Organización Panamericana de la Salud. 1984. Buenos aires, Argentina.

Esta tecnología depende de la disponibilidad de un terreno bastante grande en las cercanías del punto de generación de los residuos. Además, no se puede aplicar este método a los residuos bio acumulativos, altamente reactivos, tóxicos o radioactivos. Por consiguiente, es poco probable que esta constituya la principal alternativa de disposición final de residuos peligrosos en los países latinoamericanos (Sakurai, 1984).

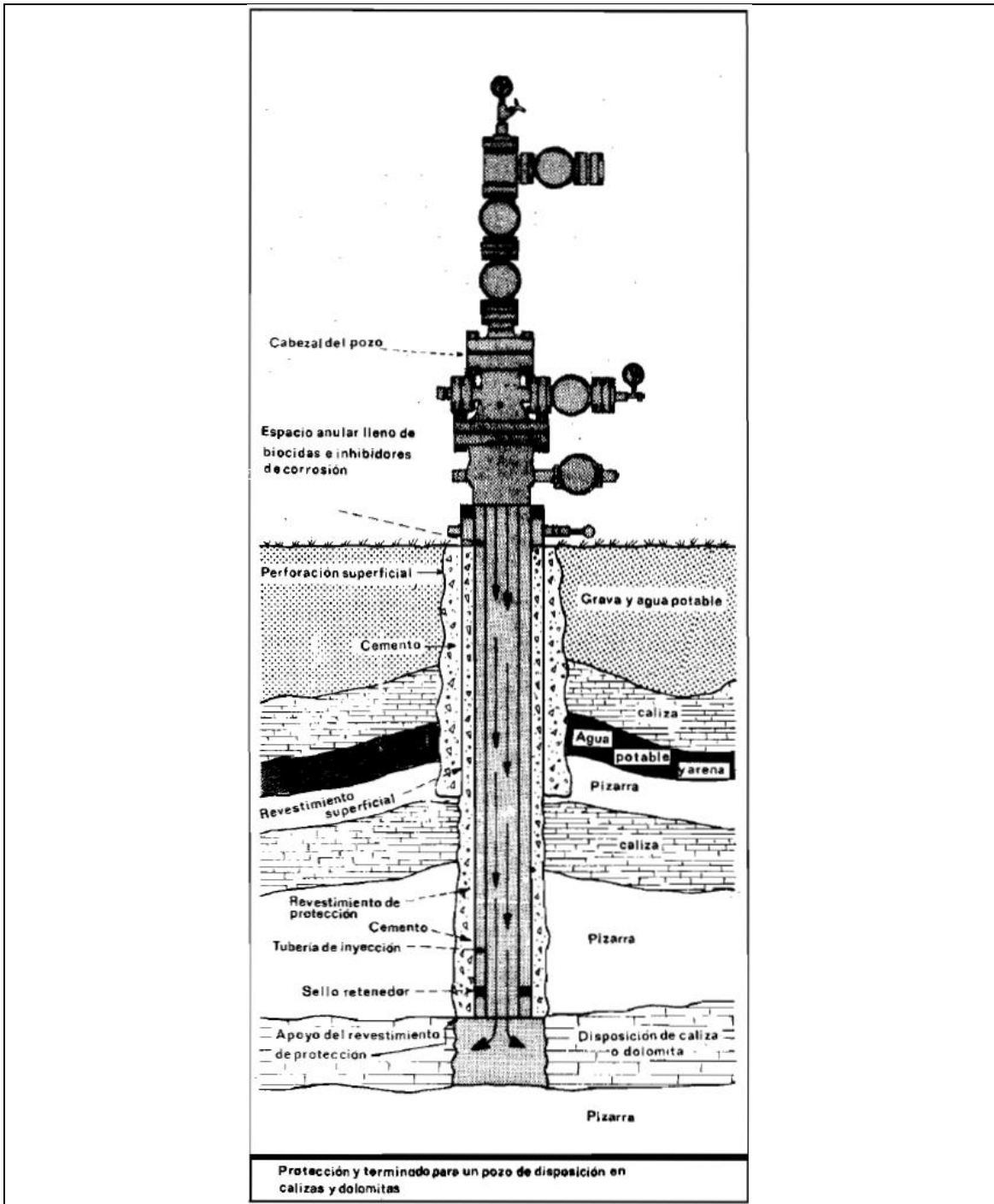
- **Inyección en pozos profundos**

La tecnología de inyección de residuos líquidos peligrosos o no peligrosos ha sido desarrollada en base a la experiencia de la industria petrolera en la disposición del agua cargada de sal ("brine") en pozos profundos. Por ejemplo, en el caso de los EE.UU. la mayor parte de los (aprox.) 70,000 pozos vivos para "brine" y (aprox.) 300 pozos vivos para otros tipos de residuos líquidos, se encuentra en los Estados de Texas, Louisiana y otros Estados productores de petróleo, pues en ellos existen condiciones favorables de formación geológica vertical, información suficiente y disponible sobre la misma y equipos especiales de perforación.

La inyección se realiza bombeando residuos hacia las formaciones de piedra permeable (piedra arenisca y piedra caliza), aislada del acuífero de agua potable y de la estrato productiva de minerales (petróleo, gas natural y otros minerales valiosos). La profundidad más común se encuentra en el rango de los 1,000-6,000 pies, y las principales industrias usuarias son las de químicos y refinación de petróleo.

Lo atractivo de esta tecnología es su relativamente bajo costo en comparación con la alternativa de incineración. Sin embargo, la inyección en pozos profundos es una tecnología controversial, y sus críticos opinan que la falta de un conocimiento preciso sobre el destino de los residuos inyectados es muy inquietante. Se dice también que los terremotos en el área de Denver fueron aparentemente causados por la inyección de residuos en los pozos del Pocky Mountain Arsenal. A continuación se muestra una figura de este proceso.





**Figura 1.22: Inyección de pozo profundo**

Fuente: Sakurai, Kunitochi. Tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencia del ambiente. Organización Panamericana de la Salud. 1984. Buenos aires, Argentina

- **Abono**

Técnicamente hablando, es factible la compostificación de residuos biodegradables (Ej. desechos provenientes de la industria alimenticia), pero es muy baja la posibilidad de comercializar el composto producido de los residuos de la industria química orgánica y por la posibilidad de bio acumulación de algunos químicos orgánicos resistentes. Así mismo, la excesiva existencia de sustancias tóxicas dañará la actividad microbiológica a desarrollarse en el proceso de compostificación. Por lo anterior, la tecnología de composto no tendrá importancia como alternativa de disposición final de residuos peligrosos.

Sería conveniente informar aquí sobre el hecho de que en el Japón ya existe la siguiente regulación de niveles de metales pesados en composto producido de residuos sólidos domiciliarios:

*Tabla 1.18: Estándares temporales establecidos por el Ministerio de Agricultura de Japón*

Mercurio total.....	menos de 2 ppm en composto
Cadmio .....	menos de 5 ppm en-composto
Arsénico.....	menos de 50 ppm en composto
Fuente: Sakurai, Kunitochi. Tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencia del ambiente. Organización Panamericana de la Salud. 1984. Buenos aires, Argentina	

Si la basura sin tratar que contenga latas es utilizada para la producción de composto, y triturada antes de su compostificación, el nivel de metales pesados sobrepasará varias veces estos estándares, razón por la cual la separación de la basura en la fuente es indispensable.

- **Lanzamiento en el mar**

El lanzamiento de residuos peligrosos en el mar no es favorable por dañar la vida marina y la posibilidad de bio acumulación de sustancias tóxicas. Es recomendable que esta alternativa cese de ser utilizada (Sakurai, 1984)

- **Co-procesamiento**

El co-procesamiento es el uso de residuos como materia prima o fuente de energía en procesos industriales, para el reemplazo de recursos naturales no renovables, como minerales y combustibles fósiles, tales como carbón, petróleo o gas natural.

El co-procesamiento tiene como objetivo principal el aprovechamiento de los residuos industriales como sustitutos de materias primas y combustibles no renovables. Desde sus orígenes en los 70's, esta tecnología se considera internacionalmente como un servicio ambiental que genera muchas ventajas tanto al generador de los residuos como al co-procesador.

La jerarquía de gestión integral de residuos muestra que el co-procesamiento es una actividad de recuperación que debe considerarse después de la prevención de generación de residuos y el reciclaje. (Geocycle, 2011)

**Se pueden co-procesar:**

- Hules, plásticos, solventes, aceites, cartones, empaques polilaminados, lodos industriales, trapos contaminados, tierras contaminadas, llantas, empaques, fondos de tanque, medicamentos vencidos, productos químicos fuera de especificación, drogas, plaguicidas, etc. (Geocycle, 2011)

**No se deben co-procesar:**

- Residuos hospitalarios anatómicos, residuos que contienen asbestos, baterías, residuos bio-infecciosos, chatarra electrónica, explosivos, residuos con alta concentración de cianuro, ácidos minerales, residuos radioactivos, residuos domésticos sin clasificar. (Geocycle, 2011)

### **Lugares autorizados para eliminación de desechos y residuos.**

- Dentro de los desechos generados, muchos representan residuos peligrosos, los cuales en ocasiones por que no se cuenta con las disipaciones técnicas, resistencia a tratamientos biológicos, la alta volatilidad del residuo o desecho, el no poder desecharlos de manera segura en rellenos, o porque su desactivación representa una contaminación mayor, se opta por la incineración, en nuestro país actualmente solo se cuenta con un lugar con la capacidad de incinerar residuos peligrosos y es Geocycle El Salvador, S.A. de C.V.- Holcim El Salvador, S.A de C.V. los cuales cuentan con los permisos ambientales para la destrucción de residuos y desechos; como llantas, desechos de plantas de tratamiento, aguas contaminadas, químicos industriales o farmacéuticos, entre otros desechos.
- Otro lugar es, Manejo Integral de Desechos Sólidos, Sociedad por acciones de Economía Mixta y de Capital Variable (MIDES, S.E.M. de C.V.), con permiso ambiental para tratamiento y disposición final en celdas de confinamiento de algunos medicamentos vencidos.

### **Desechos sólidos de Laboratorio de Calidad de Aguas.**

Los análisis realizados dentro de los laboratorios producen una serie de residuos entre los cuales se puede mencionar, frascos de plástico, guantes, mascarillas, pedazos de vidrio o cristal, entre otros; los cuales pueden contener restos de sustancias toxicas, por lo que deben ser desactivados para poder depositar en la basura normal.

En la generación de residuos es importante tomar en cuenta las siguientes medidas:

1. Para tener una disposición temporal correcta cada área del laboratorio debe poseer depósitos, clasificadas de la siguiente manera; azul para vidrio, gris para papel, verde para guantes
2. Para la adecuada colocación de estos recipientes, los cuales deben estar señalizados debidamente, estos deben estar en un lugar equidistantes de las distintas fuentes de residuos

3. Los guantes que hayan terminado su vida útil o se rompieran deben reemplazarse y depositarlo en su contener adecuado al igual que con las mascarillas.
4. Los residuos sólidos que estén contaminados o contengan restos de residuos peligrosos deben desactivarse para su adecuada disposición.
5. Es necesario vaciar los depósitos diariamente para que no exista acumulación.
6. Dentro de los accidentes que ocurren en los laboratorios son los instrumentos de vidrios roto tales como: pipetas, probetas, vasos y otros materiales de laboratorio; estos pueden representar un riesgo al estar contaminados o con restos de sustancias contaminantes, además de causar daño por vía parenteral, debido a cortes o pinchazos.

Muchos productos químicos sólidos pueden ser descartados con seguridad en la basura, no sin estar seguros que no representa peligro al medio ambiente o al ser humano y que no han sido identificados como posibles efectos tóxicos crónicos, siempre que estén en recipientes que no estén rotos o rajados y tienen tapas bien ajustadas. Para la eliminación de estos productos químicos, se colocan los recipientes en una caja forrada con una bolsa de plástico, cinta de la parte superior de la caja cerrada, escribir "basura normal" en la caja y luego se coloca la caja al lado del contenedor de basura del laboratorio. Solamente las formas sólidas de estos productos químicos pueden ser eliminadas de esta manera. Los materiales sólidos, como puntas de pipeta, plástico, toallas, guantes, etc. o artículos que podrían rasgarla bolsa se debe colocaren un frasco de boca grande, que cuando esté lleno se debe cerrar y se coloca en la basura.

### **Residuos sanitarios competentes a Laboratorios de Calidad de Agua.**

Los residuos sanitarios son los generados como resultado de:

- a) Tratamiento, diagnóstico o inmunización de humanos o animales
- b) Investigación conducente a la producción o prueba de preparaciones medicas hechas de organismos vivos y sus productos.

La forma de generación de estos residuos se debe a distintas actividades dentro del laboratorio tanto en el desarrollo de marchas como de limpieza, la forma general de clasificar estos tipos de desechos son:

a) Residuos sin riesgo (Rojas, 2001):

- Residuos sanitarios sin riesgo asimilables a residuos municipales o de tipo I; no requieren exigencias especiales en su gestión. Incluyen: papel y cartón, material de oficina, cocinas, bares y comedores, talleres y en general los residuos que no derivan directamente de una actividad sanitaria.

- Residuos sanitarios sin riesgo no específicos o de tipo II; no implican riesgo de contaminación biológica y sólo se han de observar medidas de prevención en su manipulación, recogida, almacenamiento y transporte.

b) Residuos de riesgo o específicos:

- Residuos sanitarios específicos de riesgo o de tipo III; sobre ellos se han de observar medidas de prevención en la manipulación, la recogida, el almacenamiento, el transporte, el tratamiento y la eliminación, tanto dentro como fuera del centro generador, ya que pueden representar un riesgo para la salud laboral y pública. Incluyen: residuos sanitarios o infecciosos capaces de transmitir alguna enfermedad infecciosa; agujas y material punzante y cortante (agujas, pipetas, portaobjetos, cubreobjetos, capilares, tubos de vidrio, etc.); resto de residuos sanitarios infecciosos y residuos de experimentación.

Este tipo de residuos debe ser recogido y trasladado en envases homologados, con almacenamiento refrigerado. Tras un tratamiento de esterilización y trituración tienen una disposición asimilable a residuos municipales. La característica principal del tratamiento es la esterilización por vapor caliente a presión por técnica de autoclave (acción desinfectante por proceso fraccionado de vapor al vacío), comportando: un sistema de vacío previo a la esterilización (extracción de aire y apertura de envases), un proceso de esterilización (temperatura  $\leq 135$  °C, presión  $\leq 2,2$  bar, tiempo = 15 - 20 min), un equipo de condensación del vapor generado en el proceso y sistema de lavado de gases de alta eficiencia.

- Residuos sanitarios específicos de riesgo tipificados en normativas singulares o de tipo IV; su gestión está sujeta a requerimientos especiales desde el punto de vista higiénico y medioambiental, tanto dentro como fuera del centro generador. Destacan por su peligrosidad, importancia cuantitativa y especificidad sanitaria; residuos que presenten propiedades cancerígenas, muta génicas y teratogénicos y reactivos caducados. La disposición de estos residuos requiere incineración a una temperatura que pueda garantizar su destrucción, como residuos especiales.

- Residuos radiactivos: residuos contaminados con sustancias radiactivas. Su recogida y eliminación es competencia del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Otros residuos con restos de sustancias químicas; residuos contaminados con productos químicos que les dan en muchos casos el carácter de residuo especial y peligroso (materiales muy diversos, como pilas, termómetros, disolventes, reactivos químicos, baños de revelado de radiografías, medicamentos, lubricantes, etc.)

### **1.5 Producción más limpia en Laboratorios de Calidad de Agua**

La producción más limpia se enfoca en el mejoramiento del eco-eficiencia de los procesos, mejorándolos, así tanto ambientalmente como económicamente, en este sentido se puede enfocar en puntos como la prevención, tratamiento, disposición, dilución, reciclaje. Emplear un sistema de producción más limpia está orientado a empresas o instituciones, las cuales sus actividades producen un efecto al medio ambiente. “ De acuerdo con el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA), la Producción Más Limpia (PML) es la aplicación continua a los procesos, productos, y servicios, de una estrategia integrada y preventiva, con el fin de incrementar la eficiencia en todos los campos, y reducir los riesgos sobre los seres humanos y el medio ambiente” (Rojas, 2001).

En el siguiente figura se presenta los niveles generales de la producción mas limpia:



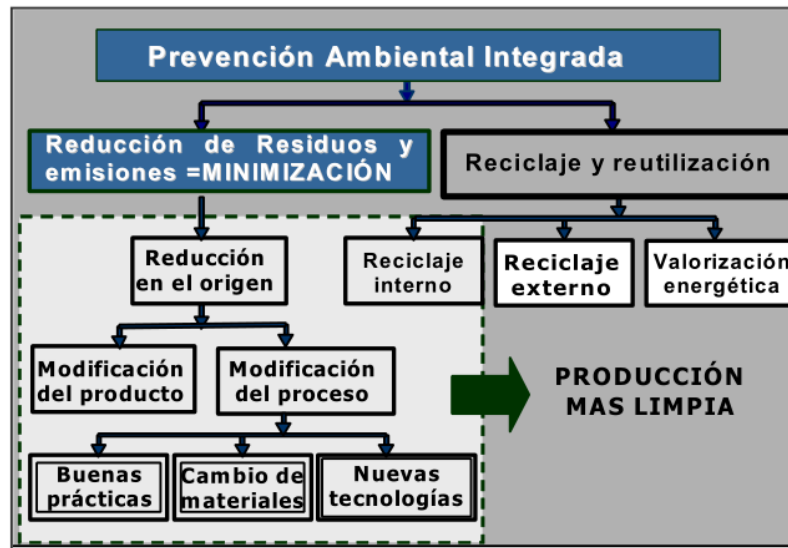
**Figura 1.23: Niveles de producción más limpia.**

Fuente: Aspectos ambientales principios estrategias de producción más limpia

La aplicación de producción más limpia se basa generalmente en estrategias como; buenas prácticas de manejo, donde hay un mantenimiento tanto preventivo como correctivo dentro del proceso, adecuado manejo de las materias primas; controles de procesos, donde se desarrollan programas de monitoreo y mejoras en las condiciones de operación, modificaciones de equipo; uso de materia prima más amigable con el ambiente, produciendo menos desechos; utilizando subproductos como energía, sin dejar de lado la mejora continua.

El tomar la decisión de la implementación de PML, no solo es por los beneficios que acarrea esta, sino también por situaciones como: cuando un proceso está generando desechos, las comunidades vecinas e instituciones encargadas de la vigilancia ambiental, están pendientes y generan presión para que exista una mejora; además ayuda para cumplir con lineamientos, regulaciones y estándares internacionales por si se desea exportar; poder tener un proceso y un producto competitivo. En la siguiente figura se resume los aspectos de la producción más limpia que se involucran en el proceso productivo.



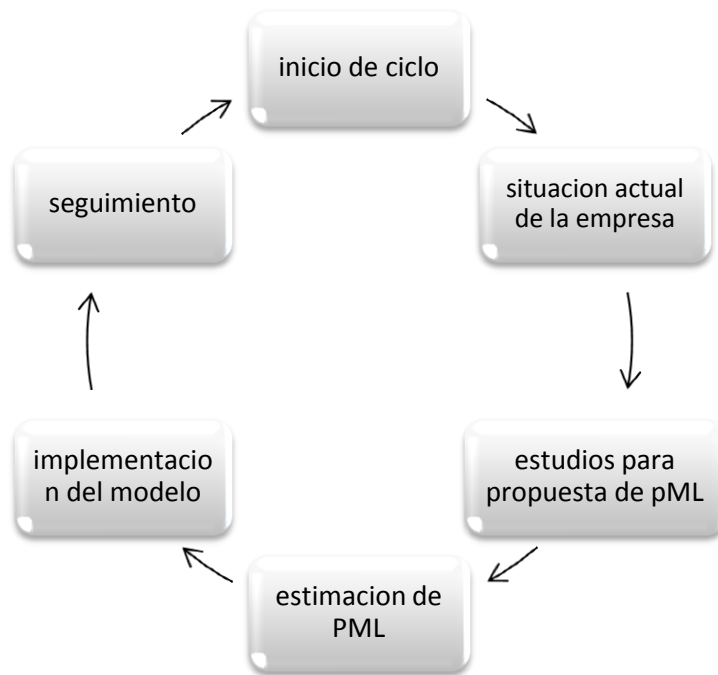


**Figura 1.24: Prevención ambiental integrada**

Fuente: Manual de introducción a la producción más limpia en la industria

### 1.5.1 Aplicación.

Antes de aplicar el sistema de producción industrial es importante tomar en cuenta las fuentes de generación de desechos dentro del proceso, su impacto ambiental, donde se puede incluir materia prima, trabajo humano, el procesamiento, energía, producto terminado, estas divisiones pueden cambiar o detallarse más según el rubro donde se aplique producción más limpia. El éxito de la aplicación de un programa como la de PML dependerá de la buena organización y el adecuado seguimiento de cada una de las etapas generales que se presenta en la siguiente figura.



**Figura 1.25: Pasos generales para la aplicación de PML.**  
Fuente: Autores.

A continuación se detallan cada uno de los pasos para la puesta en marcha de un plan de aplicación de producción más limpia:

### **Fase inicial**

Desde el momento en que la gerencia decide poner en práctica PML, todo el personal debe tener conciencia en que consiste este método, su aplicación y sus beneficios, para lo que se debe seleccionar a un equipo encargado, los cuales deben pertenecer a diferentes áreas técnicas dentro de la empresa o institución, el cual tiene que estar liderado por un conocedor para la implementación de PML.

### **Situación actual de la empresa**

Tener una conciencia plena del funcionamiento del proceso actual en cada de las etapas, por lo que se tiene que recolectar información detallada, además de un recorrido, para poder establecer, materia prima, producto final, cuales son las fallas principales en el procesos,

donde se producen desechos y fugas; los cuales se pueden plasmar mediante, diagramas de flujo, esquemas o formularios, es importante realizar objetivos y metas.

Debe existir un compromiso hacia el cumplimiento y el adecuado desarrollo de PML, de manera de se desarrolle de manera clara y que se cumplan los objetivos puestos.

### **Estudios para propuesta de producción más limpia**

Una vez que se ha formado la comisión encargada, será importante que estas personas seleccionadas sean debidamente informadas sobre la implementación, y que reconozcan los puntos claves del proceso, las posibles áreas de mejora.

Se deben esquematizar todas las etapas del proceso, entradas y salidas, operaciones unitarias involucradas, se establecen parámetros, estos esquemas tienen que ser formados y discutidos con todos los miembros de la comisión encargada, y así identificar las posibles causas de los problemas encontrados, lo cual requiere un vasto conocimiento sobre las etapas analizadas.

Después se analizan las mejores, discutiendo causa, efecto y costos, donde pueden ser aplicados esquemas como el de Ishikawa.

### **Estimación de PML**

De los estudios propuestos a implementar, se debe tener un conocimiento sobre la factibilidad económica y ambiental que estos generaran en el proceso.

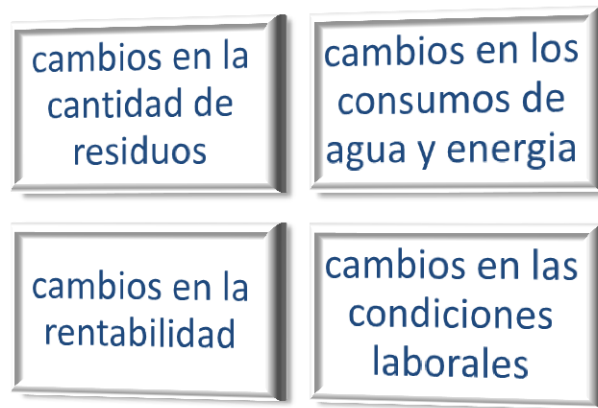
### **Implementación del modelo**

Se debe cumplir con un plan donde se estipulen actividades, responsables, fecha de inicio y culminación, recursos necesarios, costos en la implementación y ahorros que se produjeron.

Una vez planteado las mejoras, se debe llevar a cabo de forma sencilla y priorizando, de forma que las áreas donde se urge más de una mejora se lleve a cabo de forma rápida, el grupo asignado debe asegurarse que se lleven a cabo todas las mejoras de forma adecuada.

En este punto se desarrollaran lo que se ha planteado mediante métodos sistemáticos, y se dará también la interpretación de resultados obtenidos.

Luego se pueden efectuar estudios de comparación tanto técnica, económica como ambiental, por lo que hay métodos que pueden aplicarse como se muestra en la siguiente figura.



*Figura 1.26: Métodos de comparación para antes y después de aplicar PML.*

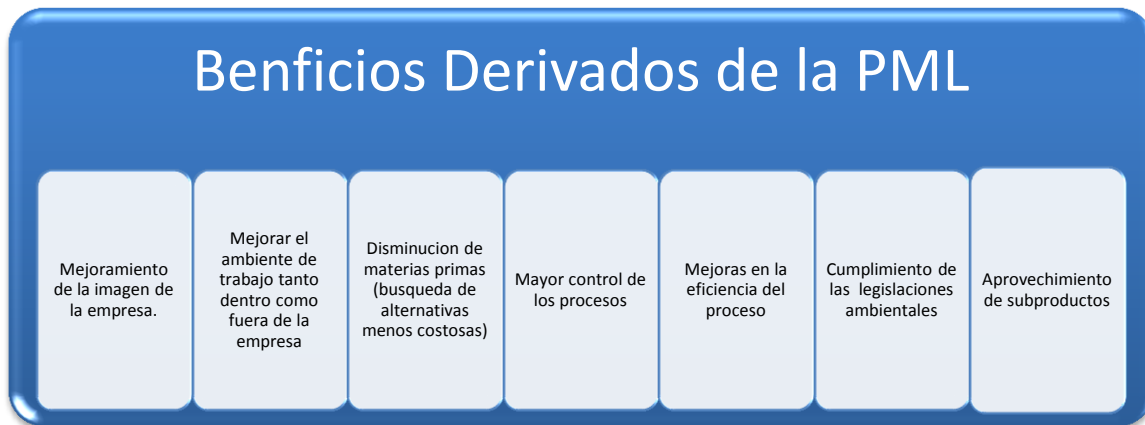
Fuente: Manual de introducción a la producción más limpia en la industria

### **Seguimiento**

Debe establecerse una mejora continua, ya que siempre existe la implementación de nuevas tecnologías y métodos además de nuevas legislaciones, el seguimiento debe orientarse en la continua evaluación de aspectos técnicos, ambientales y económicos.

### **Beneficios de aplicación de producción más limpia.**

Poder aplicar producción más limpia producirá beneficios tanto en los procesos de producción, en el entorno laboral y ambiental. A continuación se presentan los beneficios que la aplicación de producción más limpia se produce de forma general.



**Figura 1.27: Beneficios de la PML.**

Fuente: Autores

## 1.6 Efecto de los residuos químicos al medio ambiente

Dentro de las pruebas que se realizan en laboratorios de calidad de agua, se generan una serie de desechos, los cuales muchos representan daños, tanto al ser humano como al medio ambiente además de sistemas que requieren de este.

Por lo que es importante darle tratamiento y disposición final a los desechos y residuos para que no afecten al medio ambiente, se presenta una lista de algunas sustancias que son generadas en los laboratorios de calidad de agua, que pueden ser contenidas tanto en las muestras como en los residuo o desechos dentro del laboratorio de calidad de agua, teniendo en cuenta que hasta pequeñas cantidades de estas sustancias pueden generar impacto en el ambiente.

En la siguiente tabla se presentan algunas sustancias contaminantes y su impacto ambiental.

**Tabla 1.19: Sustancias peligrosas que generan impacto al ambiente.**

<b>Sustancia</b>	<b>Impacto al ambiente</b>
<b>Detergentes</b>	Aquellos detergentes cuyo contenido es alto en fosfatos, corre el riesgo de ser vertidos sobre lagos, lagunas y ríos y afectar gravemente a la fauna y flora del lugar. Un exceso de fosfatos hace crecer de manera desmedida la aparición de algas, las cuales consumen oxígeno y evitan el paso de los rayos de luz, dañando considerablemente todo el ecosistema del lugar.
<b>Fenoles</b>	Los fenoles son desechos tóxicos de baja consideración que pueden provocar irritación ocular e irritación cutánea. En ocasiones, ante una elevada exposición al fenol puede ocasionar incluso la muerte por daño en los riñones.
<b>Fluoruros</b>	Se trata de un tóxico bastante irritante que en dosis elevadas puede llegar a causar trastornos digestivos y diarreas.
<b>Fósforos</b>	Los fosfatos en excesos hacen proliferar la flora y daña todo el ecosistema acuático.
<b>Hidrocarburos</b>	Son desechos derivados del petróleo. Al igual que los fosfatos, impiden la buena penetración del sol sobre las zonas acuáticas afectando a todo el ecosistema. También puede provocar irritaciones en la piel y los ojos.
<b>Mercurio</b>	El problema del mercurio es que por medio de algunas bacterias acuáticas, este mercurio se puede transformar en metilato de mercurio y esta nueva molécula en caso de ser ingerida por el ser humano o por un animal, se queda concentrada sin poder ser expulsada. A veces en zonas donde ha existido una fuga de mercurio, éste se acumula en animales marinos como el marisco o el pescado contaminado. Si este mercurio llega a la cadena alimenticia de una embarazada y por tanto al feto, es posible causarle daños cerebrales y anomalías en el correcto desarrollo de sus neuronas.
<b>Plomo</b>	El plomo (Pb), se comporta en los huesos de forma similar a como lo hace el calcio, y en épocas de deficiencia de calcio, es capaz de llegar a la corriente sanguínea y comenzar a contaminarnos.
<b>Arsénico</b>	La ingestión de pequeñas cantidades de arsénico puede causar efectos crónicos por su acumulación en el organismo. Envenenamientos graves pueden ocurrir cuando la cantidad tomada es de 100 mg. Se ha atribuido al arsénico propiedades cancerígenas.
<b>Zinc</b>	Los humanos pueden manejar proporcionalmente largas cantidades de Zinc, demasiada cantidad de Zinc puede también causar problemas de salud eminentes, como es úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia. Niveles altos de Zinc pueden dañar el páncreas y disturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arterioesclerosis. Exposiciones al clorato de Zinc intensivas pueden causar desordenes respiratorios.
<b>Cadmio</b>	El cadmio es un metal altamente tóxico y se le ha atribuido varios casos de envenenamiento alimenticio.
<b>Cromo</b>	El cromo hexavalente es cancerígeno; No es conocido que el Cromo se acumule en los peces, pero altas concentraciones de Cromo, debido a la disponibilidad de metales en las aguas superficiales, pueden dañar las agallas de los peces que nadan cerca del punto de vertido. En animales el Cromo puede causar problemas respiratorios, una baja disponibilidad puede dar lugar a contraer las enfermedades, defectos de nacimiento, infertilidad y formación de tumores.

Fuente: <http://www.desechos-solidos.com/desechos-solidos-toxicos.html> y <http://www.lennntech.es/periodica/elementos/>

# **Capitulo II. Diagnostico General del Laboratorio de Calidad de Aguas del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.**

---

## **2 Diagnostico general del Laboratorio de Calidad de Aguas del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.**

En este capítulo se presenta el diagnostico general realizado al laboratorio de calidad de agua del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

### **2.1 Generalidades de Laboratorio de Calidad de Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.**

El laboratorio de Calidad de Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), está ubicado en las instalaciones del MARN, en un edificio independiente. La dirección es Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Edificio MARN (anexo al edificio ISTA), San Salvador. EL Salvador. Centro América. Posee las siguientes coordenadas 13° 41'14.58"N 89°13'52.67" O



**Figura 2.1: Ubicación general del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Humanos**  
 Fuentes: Google Earth & Google Maps.



**Figura 2.2: Ubicación satelital de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales**  
 Fuentes: Google Earth & Google Maps





**Figura 2.3: Ubicación satelital de Laboratorio de Calidad de Agua**  
Fuentes: Google Earth & Google Maps

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales cuenta con un laboratorio de aguas, el cual analiza un total de 56 parámetros para aguas y 8 para sedimentos, para esto cuenta con las áreas de laboratorios: Análisis Fisicoquímico, Bacteriología y Absorción Atómica. Para la determinación de estos parámetros, inicialmente los técnicos deben llenar la información como, la hora de toma de muestras, procedencia, pH, temperatura de la muestra, temperatura ambiente, conductividad, turbidez, entregado por y recibido por, muchas de la muestras entregadas se preservan con ácido nítrico, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico para su posterior análisis. Esta información, es registrada por los responsables del muestreo en las cadenas de custodia de la muestra.

### **2.1.1 Historia del Laboratorio de Calidad de Agua del MARN.**

En 1998 el Programa Ambiental de El Salvador (PAES), retomó el manejo del Laboratorio de Medio Ambiente, en las instalaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería donde empezó a operar el área de fisicoquímico de aguas y suelos.

A partir del 2002 pasa a formar parte del Servicio Nacional de Estudios Territoriales, a través del Decreto de creación del SNET (Anexo 1).

Con el fin de unificar todas las actividades tendientes a la protección, conservación, mejoramiento, restauración, y uso racional de los recursos naturales y el medio ambiente, mediante Decreto No. 72 de fecha 31 de julio de 1997 se traslada la relación del Fondo Ambiental de El Salvador al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (MARN , 2008).

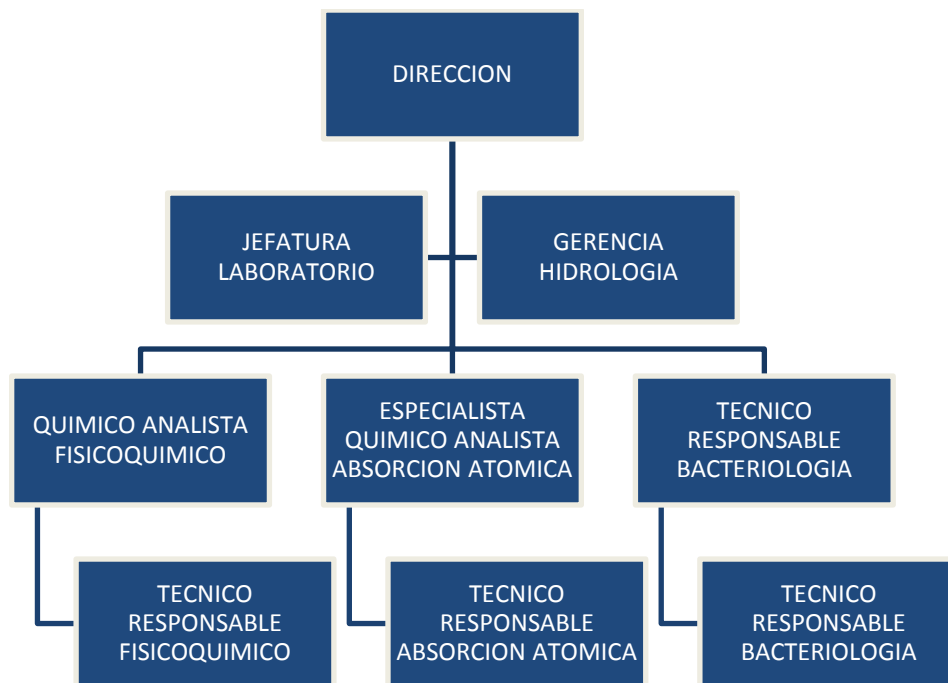
En el 2007 se construyó el edificio del Laboratorio y se equipó, en las instalaciones del ISTA con fondos del programa de descontaminación de áreas críticas del MARN, y fortalecido con FORGAES (Fortalecimiento de la Gestión Ambiental de El Salvador del MARN).

Desde julio de 2008 en las instalaciones del nuevo edificio se han realizado análisis físico químicos de aguas sirviendo a las diferentes áreas del SNET y el MARN.

A partir del 2011, El Servicio Nacional de Estudios Territoriales se transforma en la Dirección General del Observatorio Ambiental (DGOA), donde se encuentra el Sistema Hidrológico Nacional y dentro de este el Laboratorio de Calidad de Agua aquí, se realizan los servicios de análisis, orientados a satisfacer las necesidades de los usuarios (diferentes dependencias del MARN), cumpliendo los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025.

### **2.1.2 Organigrama del laboratorio de calidad de agua del MARN.**

Como en toda institución o empresa el laboratorio de calidad de agua del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales cuenta con un organigrama el que se muestra a continuación.



**Figura 2.4: Organigrama del Laboratorio de Calidad de Aguas de la Dirección General del Observatorio Ambiental del MARN.**

Fuente: Manual de calidad del Laboratorio de Calidad de Agua del MARN. (Ministerio de medio ambiente y recursos naturales, 2001)

### 2.1.3 Descripción de las áreas.

El laboratorio de calidad de agua se distribuye en 3 áreas las cuales son, Absorción atómica, Bacteriología y Análisis Físicoquímico. En las siguientes figuras se presenta la distribución en planta, además de planos de riesgo actuales:

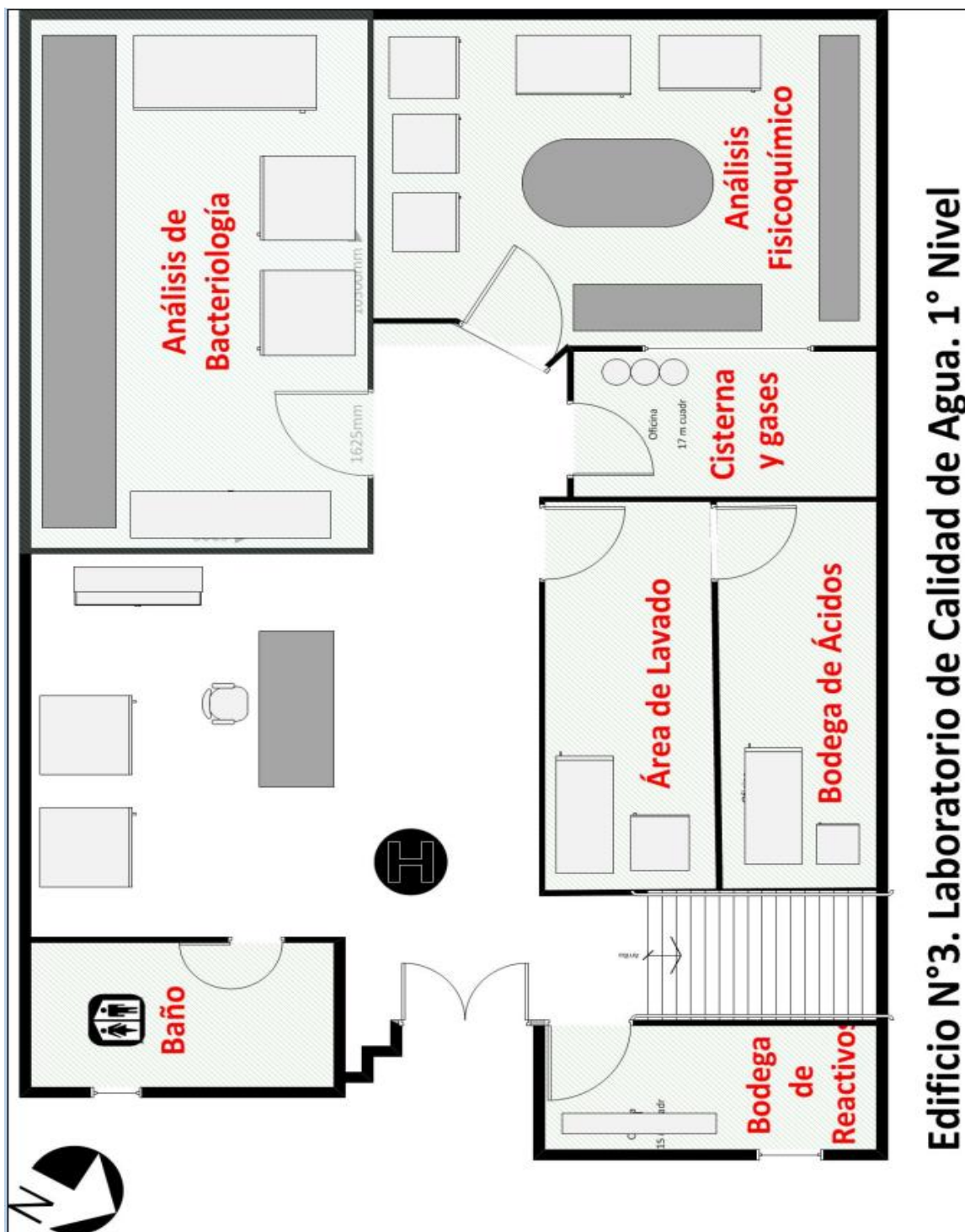


Figura 2.5: Primer nivel de Laboratorio de Calidad de Agua

Fuente: Autores

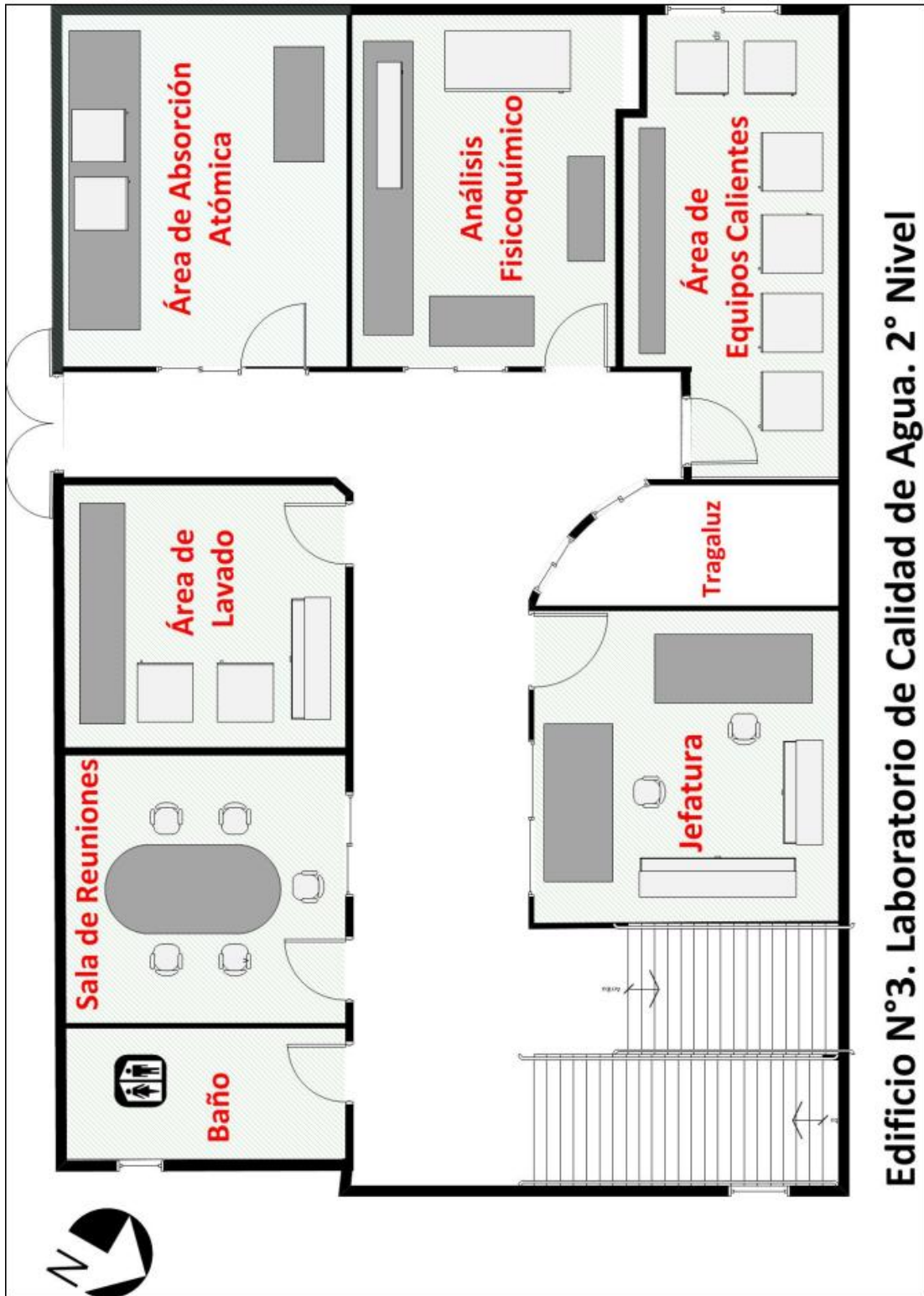


Figura 2.6: Segundo nivel del Laboratorio de Calidad de Agua

Fuente: Autores



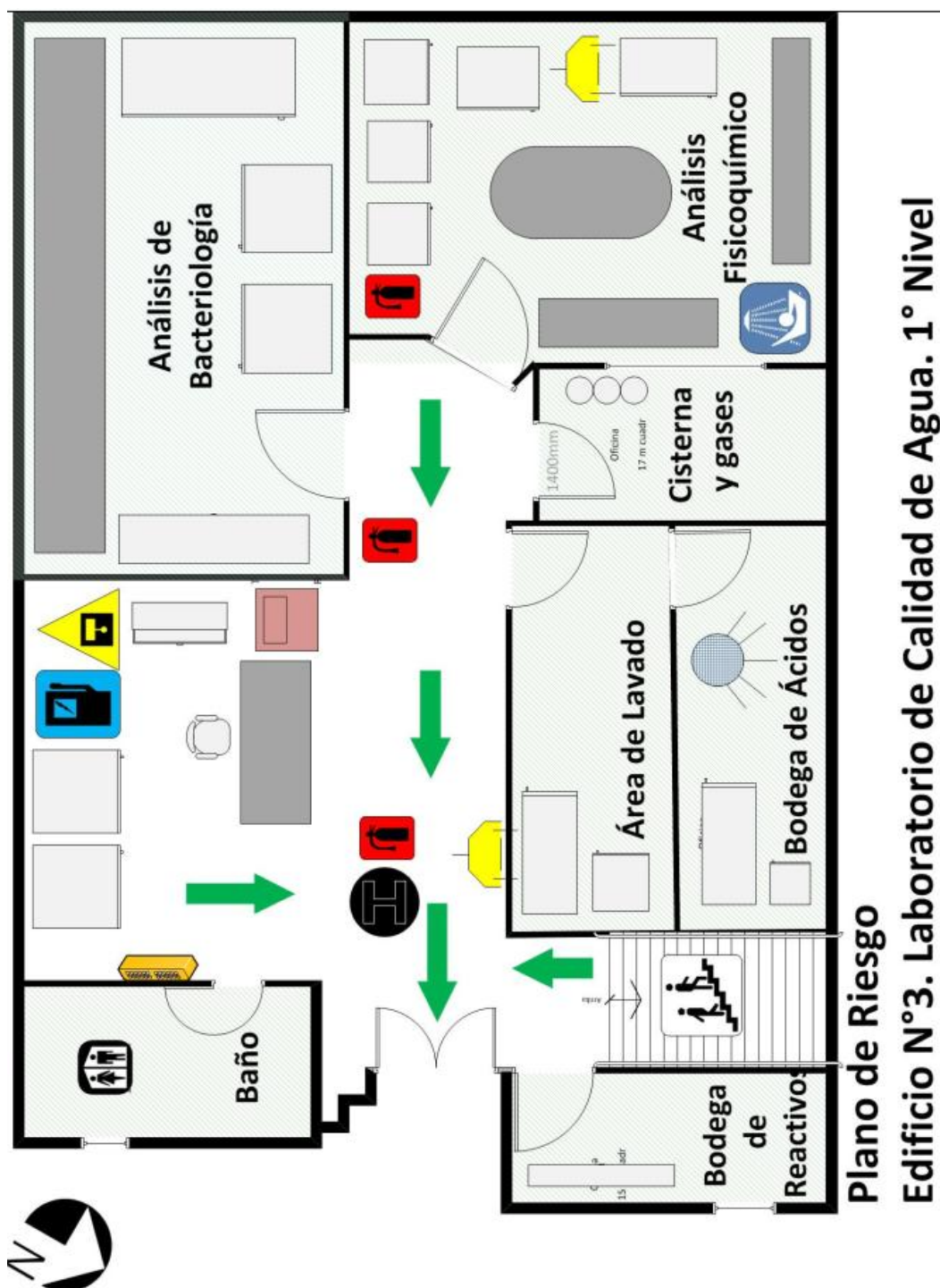


Figura 2.7: Plano de riesgo primer nivel  
 Fuente: Autores

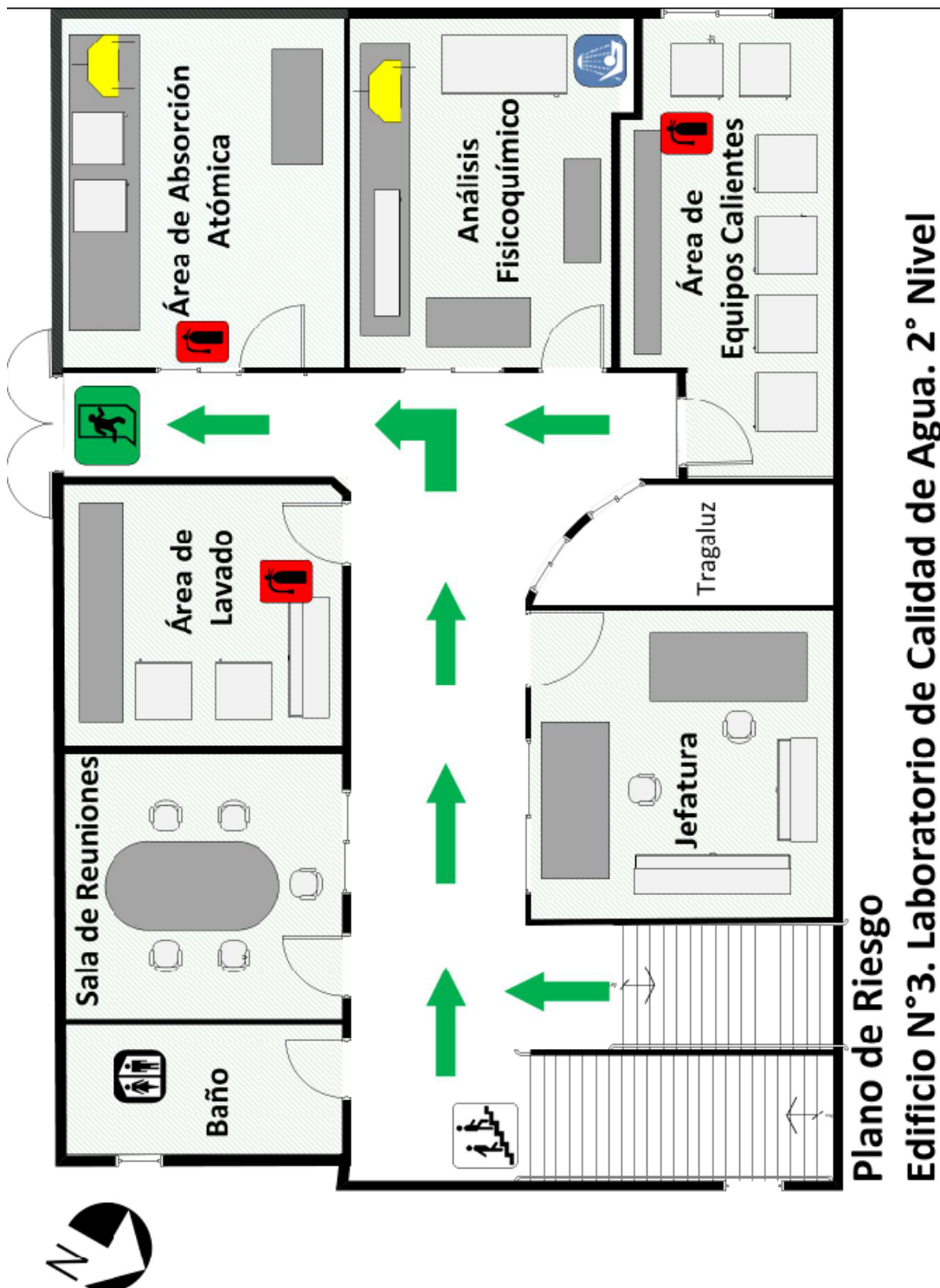


Figura 2.8: Plano de riesgo segundo nivel.  
 Fuente: Autores

En la siguiente tabla se presenta las áreas del laboratorio de calidad de agua:

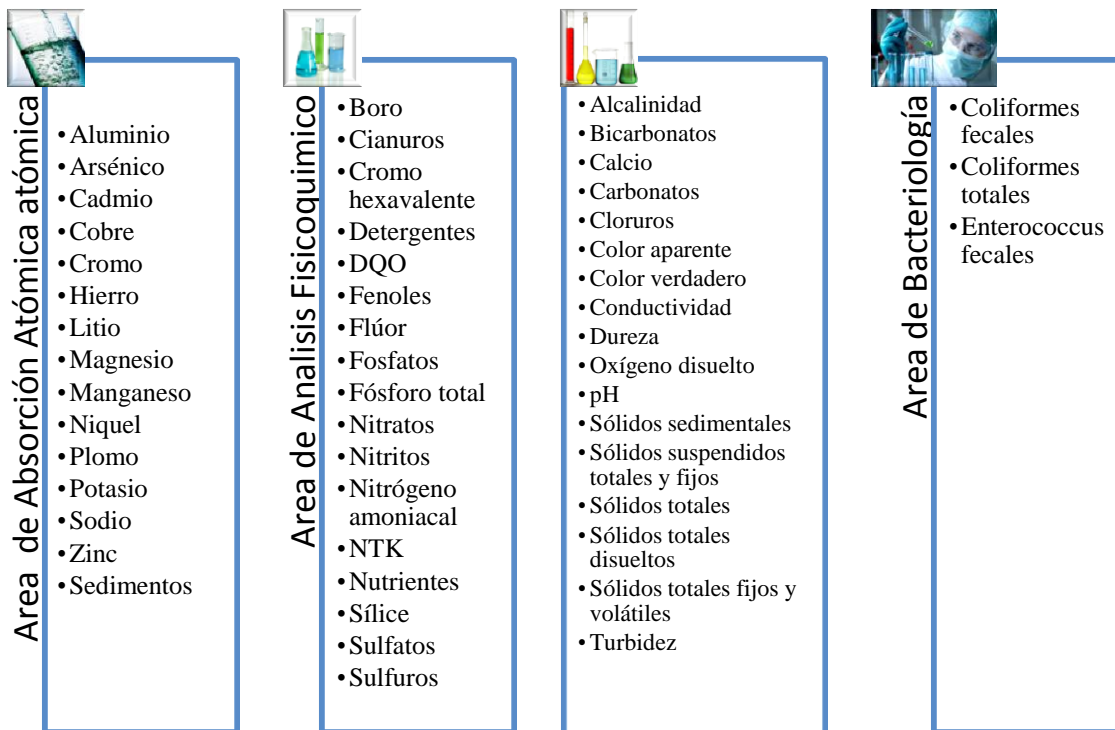
*Tabla 2.1: Descripción de las áreas del laboratorio.*

Nombre de Área	Descripción del área
<b>Primera planta</b>	
<b>Recepción</b>	Entrada principal del laboratorio
<b>Baño</b>	Baños de servicio para el personal
<b>Frigorífico</b>	Almacenamiento de muestras
<b>Área de Lavado</b>	Área de limpieza de cristalería
<b>Bodega de Reactivos</b>	Área de almacenamiento de reactivos sólidos, sobres e insumos para la práctica de las pruebas de laboratorio
<b>Bodega de Ácidos</b>	Área de almacenamiento de los reactivos ácidos en forma líquida que se usan para las pruebas de laboratorio
<b>Cisterna y Gases</b>	Área de se encuentra ubicada la cisterna que abastece de agua al edificio cuando no se tiene el servicio de agua potable suministrada por ANDA, además de estar ubicados los cilindros conteniendo gas propano y el cilindro para contener óxido nitroso.
<b>Análisis de Bacteriología</b>	Área de análisis de las pruebas bacteriológicas de Coliformes totales, fecales y Enterococcus fecales.
<b>Análisis de Físicoquímico</b>	Área de análisis de muestras que requieren análisis físicoquímico.
<b>Segunda Planta</b>	
<b>Jefatura del Laboratorio</b>	Oficina de la administración general del laboratorio
<b>Área de Lavado</b>	Lugar donde se encuentra el destilador que produce el agua destilada, área de lavado para cristalería
<b>Baño</b>	Baños de servicio para el personal
<b>Área de Absorción Atómica</b>	Área de análisis de muestras que se especializa en metales pesados
<b>Análisis de Físicoquímica</b>	Área de análisis de muestras que requieren análisis físicoquímico.
<b>Área de Equipos Calientes</b>	Área donde se encuentra el equipo de hornos y secado, Autoclaves, hornos de digestión a microondas
<b>Fuente: Autores</b>	

#### 2.1.4 Tipos de pruebas realizadas en cada área.

Cada área de laboratorio está encargada de una serie de parámetros a analizar y que se presenta en la siguiente figura:





*Figura 2.9: Parámetros que se analizan en el laboratorio, dividido por áreas*

Fuente: Autores

## 2.2 Área de Análisis Físicoquímico.

Para la descripción de cada área se tomara en cuenta la descripción física, equipo de protección personal, equipo de seguridad industrial, cristalería, equipo instrumental, esquema, parámetros y reactivos.

### 2.2.1 Análisis Físicoquímico primera planta

El Laboratorio de Físicoquímica está ubicado en la primera planta del edificio 3 del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), los parámetros realizados en esta área son diferentes del laboratorio de Físicoquímica de la segunda planta, a continuación se presenta el diagnóstico.

➤ **Descripción física del área de Análisis Físicoquímico (primera planta)**

Dentro del área de análisis físicoquímico se cuenta con: 4 lámparas de 2 candelas fluorescentes, cielo falso, aire acondicionado, piso de cerámica, 32 toma corrientes, 2 conexiones para teléfono y red, una mesa central y una mesa de escuadra ambas de cemento, un interruptor para la iluminación, una computadora de escritorio, una ventana, una puerta donde la parte superior es de vidrio, las paredes recubiertas con pintura de epóxica, 2 carretillas móviles con drenaje para muestra y cristalería, un compartimiento para reactivos y gavetas para almacenamiento, un lavabo, en el área de Análisis Físicoquímico se tiene un drenaje en el piso para derrames líquidos. La temperatura de trabajo es de  $20 \pm 2$  °C.



*Figura 2.10: Imágenes de Área de Análisis Físicoquímico primera planta*

Fuente: Autores

➤ **Equipo de protección personal**

El equipo de protección personal con el que se cuenta en el área de Análisis Físicoquímico es lente de protección personal, guantes de látex desechables, guantes de protección térmica, mascarillas para gases con filtro y gabacha.

Es necesario considerar que se debe portar zapatos cerrados para los procedimientos de laboratorio.

➤ **Equipo de seguridad industrial**

Como equipo de seguridad, el área de Análisis Físicoquímico cuenta con una ducha, un extintor contra incendio, lámparas de emergencia, y una alarma contra incendios y un detector de humo

➤ **Cristalería.**

El área de fisicoquímica cuenta con diversa cristalería, en tamaños variados las cuales, entre ellas posee botellas para DBO de 300 mL c/u, beaker de plástico de 100 mL, cápsulas de porcelana, vidrio reloj, 2 unidades de conos imhoff para sólidos sedimentarios y termo cupla. El resto del equipo se resume en las siguientes tablas por volumen y por unidad.

*Tabla 2.2: Cristalería usada en el Área de Análisis Físicoquímico primera plata*

<b>Probetas</b>	Volumen (mL)	25	50	100	500	1000
	Numero de probetas	2	4	8	2	1
<b>Frascos Volumétricos</b>	Volumen (mL)	100		1000		2000
	Numero de frascos	5		5		2
<b>Pipetas</b>	Volumen (mL)	100		25		Varios
	Numero de pipetas	6		10		100
<b>Erlenmeyer</b>	Volumen (mL)	125		250		300
	Numero de erlenmeyer	80		25		6
<b>Termómetros</b>	Tipo	Mercurio		Alcohol		
	Numero de termómetros	2		2		

Fuente: Autores

➤ **Equipo instrumental**

El Área de Análisis Físicoquímico cuenta con los equipos detallados por cantidad marca y modelo como se presenta en la siguiente tabla:

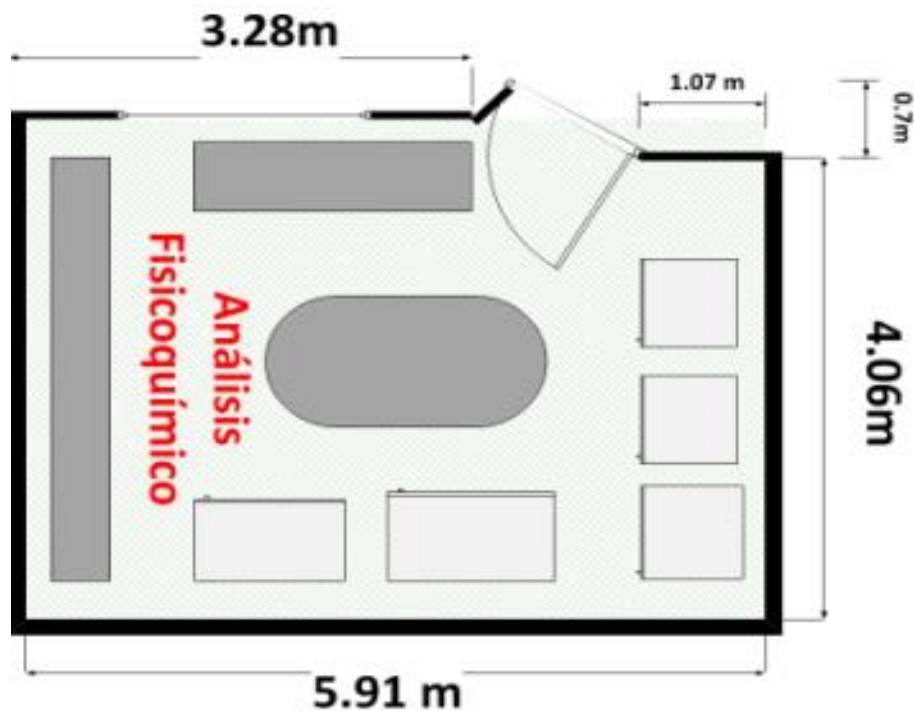
**Tabla 2.3: Equipo Instrumental Área de Análisis Físicoquímico primera planta**

Equipo	Cantidad	Marca	Modelo
Balanza analítica	1	Ohaus	AV264C
Bomba de vacío	1	welch	2534B-01
Cámaras de extracción de gases	2	Labconco	Protector premier de 4 plg.
Conductivímetro	1	Thermo Electron	Orion Star
Desecadores	3	-----	-----
Espectrofotómetro	1	HACH	DR2800
Hot plate agitador	1	Thermolyne	cimarec2 SP46924
Incubadora de DBO	1	ThermoElectroncorporation	3151
Incubadora de DBO	1	Precision Scientific	818
Incubadora HACH	1	BOD incubator	205
Refrigerador	2	Isotemp plus Fisher	13-986-120
pH metro	1	Orion	720
pH metro	1	Orion	320
Tituladores digitales	4	Jencons	132001
Turbidímetro	2	HACH	2100M

**Fuentes Autores**

➤ **Esquema del laboratorio**

A continuación se presenta un esquema del Laboratorio de Análisis Físicoquímico de la primera planta.



**Figura 2.11: Esquema de área de análisis físicoquímico primera planta**

Fuente Autores

➤ **Análisis de las muestras**

En el Área de Análisis Físicoquímico de primera planta se tratan las muestras que requieren en su mayoría métodos gravimétricos. Las muestras son analizadas por duplicado. Los elementos analizados usan el método de análisis basados en la: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (Métodos Estándar Para El Examen De Agua y Aguas Residuales, SMWW por sus siglas en inglés) además de métodos HACH (HACH, compañía de fabricación y distribución de instrumentos analíticos, kits de pruebas y reactivos para pruebas de calidad de agua y soluciones acuosas). Los parámetros analizados en esta área son:





**Tabla 2.4: Parámetros analizados en el Área de Análisis Físicoquímico primera planta**

	<b>Parámetros</b>
<b>Análisis Físicoquímico</b>	Aceites y grasas Alcalinidad Bicarbonatos Calcio Carbonatos Cloruros Color aparente Color verdadero Conductividad DBO Dureza Magnesio Oxígeno disuelto pH Sólidos sedimentables Sólidos suspendidos totales y fijos Sólidos totales Sólidos totales disueltos Sólidos totales fijos y volátiles Turbidez
<b>Fuente: Autores</b>	





➤ **Reactivos empleados en el Área de Análisis Fisicoquímico (primera planta)**

Para la caracterización de los parámetros analizados dentro del Laboratorio de Calidad de Agua del MARN, se presenta una tabla resumen para cada una de las áreas de laboratorio, esta contiene el parámetro que es analizado, las sustancias que son utilizadas para los diferentes parámetros, su correspondiente nomenclatura y estado, estableciendo su peligrosidad y pictograma (para mayor detalle ver anexo 2), además la cantidad que es utilizada de sustancias por análisis de una muestra, y por último la frecuencia de uso donde se establece la repetición del parámetro por año, así a través de un promedio se establece el valor de alto, medio o bajo.

*Tabla 2.5: Reactivos que se emplean que se emplean en Área de Análisis Físicoquímico primera planta*

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Peligrosidad	Pictograma	Estado	Cantidad de reactivo	Frecuencia de uso
<b>Alcalinidad</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	25 mL	Alta
	Ácido Sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Corrosivo		Líquido	5 mL	Alta
	Fenolftaleína	C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	Inflamable		Sólido	0.01g	Alta
	Rojo de Metilo+ Verde de Bromocresol	C <sub>15</sub> H <sub>15</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub> + C <sub>21</sub> H <sub>14</sub> Br <sub>4</sub> O <sub>5</sub> S	-----	-----	Sólido	0.0002 g + 0.001 g	Alta
	Agua	H <sub>2</sub> O	-----	-----	Líquido	25 mL	Alta
<b>Cloruros</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	10 mL	Alta
	Cromato de Potasio	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Corrosivo, Tóxico		Sólido	0.05 g	Alta
	Nitrato de Plata	AgNO <sub>3</sub>	Tóxico, Carburante		Sólido	0.0168 mL	Alta
	Cloruro de Sodio	NaCl	-----	-----	Sólido	4.944 mg	Alta
Continúa...							

**Tabla 2.5: Reactivos que se emplean que se emplean en área de Análisis Fisicoquímico I (continuación)**


Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Peligrosidad	Pictograma	Estado	Cantidad de reactivo	Frecuencia de uso
<b>Calcio</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	25 mL	Alta
	Agua	H <sub>2</sub> O	-----	-----	Líquido	25 mL	Alta
	Hidróxido de Sodio	NaOH	Corrosivo		Sólido	0.0002 g y 0.0998 g	Alta
	Murexide de Sodio	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> N <sub>6</sub> O <sub>6</sub> + NaCl	-----	-----	Sólido	0.0002 g y 0.0998 g	Alta
	EDTA	((HOCOCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	-----	-----	Sólido	0.0186 g	Alta
<b>Dureza</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Corrosivo		Líquido	25 mL	Alta
	Agua	H <sub>2</sub> O	-----	-----	Líquido	25 mL	Alta
	Buffer Para Dureza	NH <sub>4</sub> Cl +NH <sub>4</sub> OH +EDTA +MgSO <sub>4</sub>	Tóxico		Sólido +Líquido + Sólido + Sólido	0.0656 g + 0.57 mL+ 0.0047 g + 0.0031 g	Alta
	Indicador de Negro de Eriocromo T en Cloruro de Sodio	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> N <sub>3</sub> NaO <sub>7</sub> S + NaCl	-----	-----	Sólido + Sólido +	0.0002 g y 0.0998 g	Alta
	EDTA	((HOCOCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	-----	-----	Sólido	0.0186 g	Alta
	Ácido Nítrico	HNO <sub>3</sub>	Corrosivo, Toxica		Líquido	0.05 mL	Alta

Continúa...



**Tabla 2.5: Reactivos que se emplean que se emplean en área de Análisis Físicoquímico I (continuación)**

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Peligrosidad	Pictograma	Estado	Cantidad de reactivo	Frecuencia de uso
<b>Aceites y grasas</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Corrosivo		Líquido	300 mL	Baja
	Ácido Clorhídrico	HCl	Corrosivo, Tóxico		Líquido	1 mL	Baja
	Éter de Petróleo	Mezcla de Componentes	Carburante, Tóxico		Líquido	30 mL	Baja
<b>Sólidos suspendidos</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----		Líquido	100 mL	Baja
<b>DBO</b>	Muestra		-----	-----	Líquido	750 mL	Media
	Agua de dilución	$\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + \text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	Nocivo Irritante		Líquido: Sólido + Sólido + Sólido + Sólido + Sólido + Sólido + Sólido	500 mL: 0.00425 g+ 0.010875 g+ 0.0167 g+ 0.00085 g+ 0.001125 g+ 0.001375 g+ 0.000125 g	Media
	Ácido Glutámico	$\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$	-----	-----	Sólido	0.0015mg	Media
	Glucosa	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-----	-----	Sólido	0.0015mg	Media
Continúa...							

<b>Continuación Tabla 2-5 : Reactivos que se emplean que se emplean en área de Análisis Fisicoquímico I (continuación)</b>							
<b>Parámetro</b>	<b>Sustancia</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Peligrosidad</b>	<b>Pictograma</b>	<b>Estado</b>	<b>Cantidad de reactivo</b>	<b>Frecuencia de uso</b>
<b>pH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	50 mL	Alta
	Solución Buffer pH 7.00	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	10 mL	Alta
	Solución Buffer pH 4.00	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	10 mL	Alta
	Solución Buffer pH 10.00	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	10 mL	Alta
<b>Conductividad</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	200 mL	Alta
	Solución de 1413 $\mu\text{S/cm}$	Cloruro de potasio o cloruro de sodio	-----	-----	Líquido	10 mL	Alta
<b>Color Aparente</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	25 mL	Media
<b>Turbidez</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	25 mL	Media
	Solución de 4000 UNT	Cloruro de Hidrazina	Corrosivo, tóxico, inflamable, nocivo y peligro al medio ambiente.		Líquido	10 mL	Media
Baja: Poco uso de Reactivo. Media: Uso moderado Alta: Uso Contante del Reactivo Fuente: Autores							

### 2.2.2 Análisis fisicoquímico segunda planta.

El Laboratorio de fisicoquímica se encuentra ubicado en la segunda planta del Edificio 3 del MARN. La mayor parte de los análisis realizados son por métodos HACH (HACH, compañía de fabricación y distribución de instrumentos analíticos, kits de pruebas y reactivos para pruebas de calidad de agua y soluciones acuosas), además de también usa el método de análisis basados en la: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (Métodos Estándar Para El Examen De Agua y Aguas Residuales, SMWW por sus siglas en inglés) A continuación se detallara esta área para su diagnóstico.

#### ➤ Descripción física del Área de Análisis Fisicoquímico (segunda planta)

Este laboratorio consta de luz artificial provista por dos lámparas de 2 candelas fluorescentes, dos ventanas, una puerta donde la parte superior es de vidrio, aire acondicionado, una mesa de cemento, un escritorio, una computadora, un interruptor para el control de la iluminación, 12 tomacorrientes, 2 conexiones para internet y para red, paredes recubiertas con pintura epóxica, gavetas para el almacenamiento de reactivos HACH que están siendo utilizados, partes de equipo y cristalería, una carretilla móvil con drenaje para muestras y cristalería, estante para reactivos y un lavabo para limpieza de cristalería en esta área de análisis Físico Químico se tiene un drenaje en el piso para derrames líquidos y la temperatura de trabajo debe oscilar entre los  $20 \pm 2$  °C.



*Figura 2.12: Área de Análisis Fisicoquímico segunda planta*

Fuente: Autores

➤ **Equipo de protección personal.**

La protección personal que es utilizada dentro del Laboratorio de Físicoquímico son los guantes, gabacha, gafas de seguridad y mascarillas para polvo y gases.

Es necesario considerar que se debe portar zapatos cerrados para los procedimientos de laboratorio

➤ **Equipo de seguridad industrial.**

Dentro del área de físicoquímico de la segunda planta del laboratorio se cuenta con una ducha y lava ojos, lámparas de emergencia, un extintor de fuego y un detector de humo.

➤ **Equipo instrumental**

La mayoría de parámetros realizados en el Laboratorio de Físicoquímico, son realizados con espectrofotómetro HACH DR2800, en donde su modo operativo es de transmitancia (%), absorbancia y concentración, su fuente de luz es de lámpara de tungsteno en atmósfera gaseosa (visible), con rango de longitud de onda de 340-900 nm, su precisión de longitud de onda  $\pm 1,5$  nm, resolución de longitud de onda de 1 nm, con un almacenamiento de datos de 500 valores medidos (resultado, fecha, tiempo, ID muestra, ID usuario) y con requisitos de alimentación de 15 VCC/30 VA (salida)

Dentro del equipo instrumental se describe, el equipo utilizado para la determinación de parámetros además de la cristalería como se puede ver en la siguiente tabla.

*Tabla 2.6: Equipo instrumental utilizado dentro del Área de Análisis Físicoquímico segunda planta*

Equipo	Cantidad	Marca	Modelo
Balanza Analíticas	2	Mettler Toledo	PB303 y AB 204
Cámara extractora de gases	1	Labconco	48804-00
Desecador	1	-----	-----
Espectrofotómetro	1	HACH	DR2800
Hotplate	1	Thermolyne	cimarec2 SP46924
<b>Fuente Autores</b>			

➤ **Cristalería**

La Cristalería utilizada dentro de esta área del laboratorio se detalla en la siguiente tabla.

*Tabla 2.7: Cristalería*

Laboratorios de Físicoquímica de la segunda planta	Cristalería
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pipetas volumétricas 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25 y 40 mL</li> <li>• Pipetas de Graduadas 1, 2.5 y 10 mL</li> <li>• Beaker 25, 50, 100, 400, 500 y 1000 mL</li> <li>• Frascos Volumétricos 25, 50, 100, 200, 250, 500 y 1000 mL además de balones de plástico de 50 y 100 mL</li> <li>• Celdas cuadradas y redondas</li> <li>• Probeta 50, 100 y 500 mL</li> <li>• Tubos cónicos para contener muestra de 50 mL</li> <li>• Tubos de 10 mL para pruebas de fósforo y DQO</li> </ul>

Fuente: Autores.

➤ **Esquema del laboratorio.**

Para representar las dimensiones del Área de Físicoquímico de la segunda planta a continuación se presenta un esquema:



*Figura 2.13: Esquema del Área de Análisis Físicoquímico segunda planta*

Fuente: Autores

➤ **Análisis de las muestras**

Los parámetros que se llevan a cabo en esta área del laboratorio se presentan en la siguiente tabla:

*Tabla 2.8: Parámetros analizados*

<b>Laboratorio de Físicoquímico</b>	<b>Parámetros</b>
	Ácido Sulfhídrico
	Boro
	Cianuros
	Concentración de Sedimentos
	Cromo hexavalente
	Detergentes
	DQO
	Fenoles
	Fluoruros
	Fosfatos
	Fósforo total
	Nitrato
	Nitritos
	Nitrógeno amoniacal
	Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)
	Sílice
	Sulfatos
	Sulfuros

Fuente: Autores





Para los parámetros medidos en esta área del Laboratorio de Calidad de Agua, se requiere efectuar una curva de calibración, para proceder con el análisis de la muestra por duplicado, con su control de calidad en los que se lleva un blanco, blanco fortificado, muestra fortificada y en algunos casos de una muestra control en el que se conoce la concentración del analito que se está realizando

➤ **Reactivos empleados en el Área de Físicoquímico (primera planta)**

Para la caracterización de los parámetros analizados dentro del Laboratorio de Calidad de Agua del MARN, se presenta una tabla resumen para cada una de las áreas de laboratorio, esta contiene el parámetro que es analizado, donde se indica si se ha empleado el método HACH para su determinación, las sustancias que son utilizadas para los diferentes

parámetros, su correspondiente nomenclatura y estado, estableciendo su peligrosidad y pictograma (para mayor detalle ver anexo 2), además la cantidad que es utilizada de sustancias por análisis de una muestra, y por último la frecuencia de uso donde se establece la repetición del parámetro por año, así a través de un promedio se establece el valor de alto, medio o bajo.

**Tabla 2.9: Sustancias químicas utilizadas dentro del Área Análisis Fisicoquímica segunda planta**




Parámetro	sustancia	Nomenclatura	Características de peligrosidad	pictograma	estado	Cantidad de reactivos	Frecuencia de uso
<b>Ácido Sulhídrico HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	25 mL	Bajo
	Sulfide 1 (Ácido sulfúrico y agua desmineralizada)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Corrosivo		Líquido	1 mL	Bajo
	Sulfide 2 (Agua desmineralizada y Dicromato de Potasio)	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Tóxico		Líquido	1 mL	Bajo
<b>Boro HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	0.5 mL	Alta
	Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Corrosivo		Líquido	8.7 mL	Alta
	BoroVer (reactivo carmine+ cloruro de potasio)	KCL+C <sub>22</sub> H <sub>20</sub> O <sub>13</sub>	-----	-----	Sólido	0.058 g	Alta
<b>Cromo hexavalente HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	10 mL	Bajo
	Cromaver 3 (Pirosulfato de potasio + Sulfato de magnesio + otros componentes)	Mezcla de Componentes	Nocivo		Sólido	1 sobre	Bajo
Continua							



**Tabla 2.9: Sustancias químicas utilizadas dentro del Área de Análisis Fisicoquímica segunda planta (continuación)**

Parámetro	sustancia	Nomenclatura	Características de peligrosidad	pictograma	estado	Cantidad de reactivos	Frecuencia de uso
<b>Cianuros HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Corrosivo		Líquido	10 mL	Baja
	Cianuro de potasio	KCN	Peligro al medio ambiente, tóxico		Sólido	0.00017514 g	Baja
	Hidróxido de sodio	NaOH	Corrosivo		Sólido	0.2532 g	Baja
	Agua	H <sub>2</sub> O	-----	-----	Líquido	40 mL	Baja
	Cyaniver 3 Disodium hydrogen orthophosphate, Potassium dihydrogen phosphate, Dactin	HNa <sub>2</sub> O <sub>4</sub> P+ H <sub>2</sub> KO <sub>4</sub> P+ C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> C <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Corrosivo		Sólido	1 sobre	Baja
	Cyaniver 4 (Sulfato de sodio, pyridine-3-nitrophthalic acid, ácido ascórbico)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + C <sub>13</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub> O+C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub>	Corrosivo		Sólido	1 sobre	Baja
	Cyaniver 5 (Edaravone, Sulfato de sodio, fosfato de potasio, Fosfato de sodio)	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub> O +Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Corrosivo		Sólido	1 sobre	Baja
Continua							

*Continuación Tabla 2.9: Sustancias químicas utilizadas dentro del Área de Análisis Fisicoquímica segunda planta (continuación)*







Parámetro	sustancia	Nomenclatura	Características de peligrosidad	pictograma	estado	Cantidad de reactivos	Frecuencia de uso
<b>Detergentes HACH</b>	muestra	-----	-----	-----	Líquido	300 mL	Media
	Solución buffer de fosfatos (sulfato de sodio)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Irritante		Líquido	10 mL	Media
	Almohadilla para detergentes (cloruro de sodio y otros componentes)	NaCl	-----	-----	Sólido	1 sobre	Media
	Benceno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Inflamable, tóxico		Líquido	30 mL	Media
<b>Fluoruros HACH</b>	muestra	-----	-----	-----	Líquida	10 mL	Media
	Reactivo SPADNS (Agua Desionizada, Arsenito de sodio, Ácido clorhídrico)	NaAsO <sub>2</sub> + HCl	Corrosivo		Líquido	2 mL	Media

Continua






**Tabla 2.9: Sustancias químicas utilizadas dentro del Área de Análisis Fisicoquímica segunda planta (continuación)**

Parámetro	sustancia	Nomenclatura	Características de peligrosidad	pictograma	estado	Cantidad de reactivos	Frecuencia de uso
<b>DQO</b> <b>Rango alto</b>	Dicromato de potasio	$K_2Cr_2O_7$	Tóxico, comburente y peligro al medio ambiente		Sólido	0.0153 g	Media
	Ácido sulfúrico conc.	$H_2SO_4$	Corrosivo		Líquido	3.75 mL	Media
	Sulfato de mercurio	$HgSO_4$	Tóxico y peligro al medio ambiente		Sólido	0.05 g	Media
	Sulfato de plata	$Ag_2SO_4$	Irritante		Sólido	0.0354 g	Media
	Biftalato de potasio	$C_8H_5KO_4$	-----	-----	Sólido	0.0393 g	Media
	Agua	$H_2O$	-----	-----	Líquido	25 mL	Media
<b>Fenoles</b>	Muestra	-----	Corrosivo		Líquido	25 mL	Bajo
	Solución estándar de fenol de 30000 mg/L	$C_6H_5OH$	Tóxico, Corrosivo y Nocivo		Líquido	0.00175 mL	Bajo
	Hidróxido de amonio	$NH_4OH$	Corrosivo		Líquido	0.0124 mL	Bajo
	Solución tampón fosfato: $KH_2PO_4 + K_2HPO_4$	$KH_2PO_4 + K_2HPO_4$	-----	-----	Sólido	0.1440 g + 0.209 g	Bajo
	4-aminoantipirina	$C_{11}H_{13}N_3O$	Nocivo		Sólido	0.005 g	Bajo
	Ferricianuro de potasio	$K_4Fe(CN)_6$	-----	-----	Sólido	0.025 g	Bajo






**Tabla 2.9: Sustancias químicas utilizadas dentro del Área de Análisis Físicoquímica segunda planta (continuación)**

Parámetro	sustancia	Nomenclatura	Características de peligrosidad	pictograma	estado	Cantidad de reactivos	Frecuencia de uso
<b>Fosfatos HACH</b>	Muestra	-----	-----	-----	Líquido	10 mL	Media
	FosVer 3 Ácido ascórbico, Pirosulfato de potasio, Molibdato de sodio	$C_6H_8O_6 + K_2S_2O_8 + Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	Irritante		Sólido	1 sobre	Media
<b>Fósforo total HACH</b>	FosVer 3 Ácido ascórbico, Pirosulfato de potasio, Molibdato de sodio	$C_6H_8O_6 + K_2S_2O_8 + Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	Irritante		Sólido	1 sobre	Media
	Persulfato de potasio	$K_2S_2O_8$	Nocivo Carburante	 	Sólido	1 sobre	Media
	Reactivo de digestión de fósforo total ( $H_2SO_4$ )	$H_2SO_4$	Corrosivo		Líquido	2 tubos (2 mL/tubo)	Media
	Solución de hidróxido de sodio 1.54 N	NaOH	Corrosivo		Líquido	2 mL	Media
	Agua desionizada	$H_2O$	-----	-----	-----	Líquido	5 mL
Continua							

**Tabla 2.9: Sustancias químicas utilizadas dentro del Área de Análisis Físicoquímica segunda planta (continuación)**






Parámetro	sustancia	Nomenclatura	Características de peligrosidad	pictograma	estado	Cantidad de reactivos	Frecuencia de uso
<b>Nitrato HACH</b>	Muestra	-----	-----	-----	Líquido	10 mL	Media
	NitraVer 5 (sulfato de magnesio, cadmio, gentiansiacidó 2,5-Dihydroxybenzoic acid)	Mezcla de Componentes	Tóxico, peligroso al ambiente		Sólido	1 sobre	Media
<b>Nitritos HACH</b>	Muestra	-----	-----	-----	Líquido	10 mL	Media
	NitriVer3 (Sulfato de potasio, sulfato de sodio, Pirofosfato de tetrapotasio, CDTA)	Mezcla de Componentes	Nocivo		Sólido	1 sobre	Media
<b>Nitrógeno amoniacal HACH</b>	muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	25 mL	Media
	Estabilizador mineral (Tartrato de sodio y potasio, agua desmineralizada y citrato sodio )	$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{HOC}(\text{COONa})(\text{CH}_2\text{COONa})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Irritante		Líquido	0.15 mL	Media
	Alcohol polivinilico	$\text{CH}_2\text{CHOH}$	Nocivo		Líquido	0.15 mL	Media
	Reactivo nessler (hidróxido de sodio, yoduro de sodio, yoduro mercurio y agua)	$\text{NaOH}$ , $\text{NaI}$ y $\text{HgI}_2$	Tóxico, corrosivo y peligro al medio ambiente		Líquido	1 mL	Media
Continuación							

**Tabla 2.9: Sustancias químicas utilizadas dentro del Área de Análisis Fisicoquímica segunda planta (continuación)**

Parámetro	sustancia	Nomenclatura	Características de peligrosidad	pictograma	estado	Cantidad de reactivos	Frecuencia de uso
<b>NTK HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	20 mL	Media
	Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Corrosivo		Líquido	40 mL	Media
	Peróxido de hidrógeno	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Comburente		Líquido	5 mL	Media
	Agua	H <sub>2</sub> O	-----	-----	Líquido	Hasta volumen de 100 mL	Media
	Indicador NTK	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	0.5 mL	Media
	Alcohol polivinilico	CH <sub>2</sub> CHOH	Nocivo		Líquido	0.15 mL	Media
	Estabilizador mineral (Tartrato de sodio y potasio, agua desmineralizada y citrato sodio )	KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> .4 H <sub>2</sub> O HOC(COONa) (CH <sub>2</sub> COONa) <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	Irritante		Líquido	0.15 mL	Media
	Reactivo nessler (hidróxido de sodio, yoduro de sodio, yoduro mercurio y agua)	NaOH NaI HgI <sub>2</sub>	Tóxico, corrosivo y peligro al medio ambiente		Líquido	1 mL	Media
	Agua	H <sub>2</sub> O	-----	-----	Líquido	Hasta llegar a volumen de 25 mL	Media



Continúa

**Tabla 2.9: Sustancias químicas utilizadas dentro del Área de Análisis Físicoquímica segunda planta (continuación)**

Parámetro	sustancia	Nomenclatura	Características de peligrosidad	pictograma	estado	Cantidad de reactivos	Frecuencia de uso
<b>Sílice</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	-----	Líquido	10 mL	Media
	Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Corrosivo		Líquido	0.2 mL	Media
	Molibdato de amonio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Irritante		Sólido	0.04 g	Media
	Acido oxálico	HOOC <sup>-</sup> COOH	Irritante, corrosivo		Sólido	0.03 g	Media
	Metasilicato de sodio	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Corrosivo		Líquido	0.012 g	Media
	Agua	H <sub>2</sub> O	-----	-----	Líquido	Llevar a 1000 mL	Media
<b>Sulfatos HACH</b>	Muestra	Mezcla de componentes	-----	-----	Líquido	25 mL	Alta
	SulfaVer 4 (Cloruro de Bario y ácido cítrico)	BaCl <sub>2</sub> H <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub>	Tóxico		Sólido	1 sobre	Alta
	Solución estándar de 100 mg/L de Sulfatos	100 mg/L de sulfatos	-----	-----	Líquido	5.25 mL	Alta

Continúa

**Tabla 2.9: Sustancias químicas utilizadas dentro del Área de Análisis Físicoquímica segunda planta (continuación)**

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Características De Peligrosidad	Pictograma	Estado	Cantidad De Reactivos	Frecuencia De Uso
<b>Sulfuros</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	-----	----	Líquido	25 mL	Baja
	Sulfide 1 (Ácido sulfúrico y agua desmineralizada)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Corrosivo		Líquido	1 mL	Baja
	Sulfide 2 (Agua desmineralizada y Dicromato de Potasio)	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Tóxico		Líquido	1 mL	Baja
Fuente: Autores							



### 2.3 Área de Absorción Atómica.

El Laboratorio de Absorción Atómica se encuentra ubicado en la segunda planta del MARN. Para su diagnóstico se ha dividido en varias secciones para describir adecuadamente dicho laboratorio, las cuales son, la descripción del laboratorio; protección personal; equipo; seguridad industrial y reactivos usados, además de volúmenes de desechos generados tanto de muestras analizadas como muestras sin analizar.

#### ➤ Descripción física del área de Análisis de Absorción Atómica

Dentro del Laboratorio de Absorción Atómica se puede encontrar con iluminación artificial la cual consta de 2 lámparas fluorescente de luz blanca, mesa de cemento, piso de cerámica, 8 toma corrientes, 3 conexiones para teléfono utilizados para red, 1 interruptor de luz, una fuente de alimentación de energía que se encuentra cerca de la ventana, cielo falso; una ventana, persianas, paredes con pintura epóxica, 1 escritorio, 1 computadora, 1 puerta de entrada-salida siendo la parte superior de cristal, gaveras para el almacenamiento de equipo de protección y frascos de plásticos, compartimiento móvil para muestras este cuenta con drenaje, tuberías metálicas para corriente y un cesto de basura.



*Figura 2.14: Área de Absorción Atómica.*

Fuente: Autores

➤ **Equipo de protección personal**

La protección personal que es utilizada en el laboratorio de Absorción Atómica es, guantes de látex desechables, gabacha y gafas.

➤ **Equipo de seguridad industrial.**

El laboratorio consta de luces de emergencia, señal de extintor contra incendios, extintor contra incendios, control de temperatura, drenaje para líquidos en el piso.

➤ **Equipo instrumental.**

El laboratorio de calidad de agua usa para el área de Absorción Atómica el equipo llamado Perkin Elmer AAnalyst 700, un espectrómetro de Absorción Atómica que ofrece servicio de llama y horno de absorción atómica para analizar las muestras.

El sistema de sobremesa totalmente integrado incluye atomizadores de llama y horno de grafito calentado (HGA) continuo con fuente de corrección de fondo. Ambos pulverizadores son motorizados y el cambio entre la llama o el horno se produce en segundos con un clic del ratón. El sistema único automatizado atomizador cambiar, unidad de longitud de onda automática de alta velocidad, la selección automática de la lámpara y los métodos analíticos almacenados permiten que el 700 AAnalyst determinar hasta 20 elementos en una carrera completamente automatizado, lo que maximiza su productividad. Para analizar las muestras el equipo usa curvas de calibración que se le debe preparar según el elemento a cuantificar, en cinco puntos abarcando las concentraciones hasta el rango de linealidad para el elemento en mg/L. Se usa como blanco agua destilada, con los reactivos que lleva la muestra para su cuantificación. El equipo trabaja en una temperatura ambiente de 16 °C. Otros equipos se detallan a en la siguiente tabla.

*Tabla 2.10: Equipo utilizado*

Laboratorio de Absorción Atómica	Equipo
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Equipo de Absorción Atómica: Equipo: Espectrómetro de Absorción Atómica Marca: Perkin Elmer, Modelo: AnalystAA700</li><li>• Generador de hidruros para determinación de mercurio Marca: Perkin Elmer</li><li>• Compresor de aire</li><li>• Tanque o cilindro de argón (horno de grafito y generador de hidruros) y de acetileno (llama).</li><li>• Sistema de extracción de gases</li><li>• 1 computadora con software para absorción atómica Plataforma AA WinLab 32</li><li>• Balones de 25, 50 y 100 mL</li><li>• Frascos de plástico para muestras de 50 mL</li><li>• Bidón donde se reciben el descarte de las muestras analizadas en forma sistemática</li></ul>

Fuente: autores



*Figura 2.15: Equipo de Absorción Atómica*

Fuente: Autores

➤ **Análisis de las muestras.**

En el laboratorio de absorción atómica se analizan los parámetros que se presentan en la siguiente tabla.

*Tabla 2.11: Parámetros analizados en el Área de Absorción Atómica*

Aguas			Sedimentos		
<b>Aluminio</b>	Cadmio	Sodio	Níquel	Aluminio	Níquel
<b>Arsénico</b>	Hierro	Litio		Cadmio	Plomo
<b>Cobre</b>	Plomo	Zinc		Cobre	Zinc
<b>Cromo</b>	Potasio	Manganeso		Cromo	

**Fuente: Autores**










Las muestras a analizar en el equipo de absorción atómica deben ser tratadas previamente a su cuantificación. A las muestras de agua se les realiza una dilución de tal manera que se encuentre en el rango lineal establecido para el elemento a determinar en el equipo. Debe considerarse la adición de un supresor de interferencia a la muestra y a los estándares para elementos como sodio y potasio. Las muestras son analizadas por duplicado.

En el caso que las muestras sean sedimentos se sigue el procedimiento 3051<sup>a</sup> establecido por la EPA, el cual consiste en pesar alrededor de 0.2 a 0.5 g de la muestra y se agrega 10 mL de ácido nítrico concentrado, luego la muestra se coloca en un microondas entre un tiempo que varía entre 1 - 2 horas; se filtra y se lleva a volumen de 25 mL con agua destilada. La muestra queda preparada para su cuantificación se debe considerar realizar diluciones y adición de supresores de interferencias cuando sea necesario de tal manera que se encuentre en el rango de linealidad del elemento. El método de horno de grafito es empleado para la cuantificación de elementos que se encuentran en un rango de trabajo de ultra trazas ( $\mu\text{g/L}$ ) tal es el caso de aluminio, arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo. Para el resto de parámetros se usa el método de llama si las concentraciones esperadas se encuentran en el orden de trazas ( $\text{mg/L}$ ).

➤ **Sustancias químicas utilizadas**

De igual forma como se han caracterizado los parámetros del área de fisicoquímica dentro del laboratorio, se presentan para el área de Absorción Atómica, con la diferencia de colocarle la funcionalidad a cada sustancia dentro de los parámetros. A continuación se presenta la tabla resumen.

Tabla 2.12: Sustancias que se emplean dentro del área de Análisis de Absorción Atómica

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Características de Peligrosidad	Pictograma	Función	Estado	Cantidad de reactivo	Frecuencia de uso
Plomo	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, Corrosivo		Digestión y conservante	Líquido	10 mL	Media
	Solución de 1000 mg/L de Plomo	Pb	Tóxico		Solución patrón	Líquido	0.002 mL	Media
	Nitrato de Magnesio	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Corrosivo		Modificador de matriz	Sólido	0.0001g	Media
Arsénico	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, Corrosivo		Conservante	Líquido	10 mL	Medio
	Solución de 1000 mg/L de arsénico	As	Tóxico		Solución patrón	Líquido	0.005 mL	Medio
	Solución de 1000 mg/L de Ni	Ni	Tóxico		Modificador de matriz	Líquido	0.005 mL	Medio
Aluminio	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, Corrosivo		Digestión y conservante	Líquido	10 mL	Bajo
	Solución de 1000 mg/L de aluminio	Al	Carburante		Solución patrón	Líquido	0.003 mL	baja
	Nitrato de Magnesio	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Corrosivo		Modificador de matriz	Sólido	0.0001g	Bajo
Continúa								

**Tabla 2.12 : Sustancias que se emplean dentro del área de Análisis de Absorción Atómica (continuación)**

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Características de Peligrosidad	Pictograma	Función	Estado	Cantidad de reactivo	Frecuencia de uso
<b>Cobre</b>	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, corrosivo		Digestión y conservante	Líquido	10 mL	Media
	Solución de 1000 mg/L de cobre	Cu	Tóxico		Solución patrón	Líquido	0.15 mL	Media
<b>Zinc</b>	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, corrosivo		Digestión y conservante	Líquido	10 mL	Media
	Solución de 1000 mg/L de zinc	Zn	Nocivo, Peligro medio ambiente		Solución patrón	Líquido	0.026 mL	Media
<b>Sodio</b>	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, corrosivo		Conservante	Líquido	10 mL	Media
	Solución de 1000 mg/L de sodio	Na	-----	-----	Solución patrón	Líquido	0.026 mL	Media
	Cloruro de potasio	KCl	Corrosivo		Supresor de interferencia	Cristales	0.025 gr	Media
<b>Potasio</b>	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, corrosivo		Conservante	Líquido	10 mL	Media
	Solución de 1000 mg/L de potasio	K	-----	-----	Solución patrón	Líquido	0.03 mL	Media
	Cloro de sodio	NaCl	Corrosivo		Supresor de interferencia	Cristales	0.025 gr	Media

Continúa

**Tabla 2.12 : Sustancias que se emplean dentro del área de Análisis de Absorción Atómica (continuación)**

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Características De Peligrosidad	Pictograma	Función	Estado	Cantidad de reactivo	Frecuencia de uso
<b>Cromo</b>	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, corrosivo		Digestión y conservante	Líquido	10 mL	Baja
	Solución de 1000 mg/L de cromo	Cr	Reactivo, Tóxico, peligro medio amb.		Solución patrón	Líquido	0.15 mL	Baja
	Nitrato de Magnesio	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Corrosivo		Modificador de matriz	Sólido	0.0001g	Baja
<b>Cadmio</b>	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, corrosivo		Digestión y conservante	Líquido	10 mL	Baja
	Solución de 1000 mg/L de cadmio	Cd	Tóxico, peligro medio amb.		Solución patrón	Líquido	0.00025 mL	Baja
	Nitrato de Magnesio	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Corrosivo		Modificador de matriz	Sólido	0.0001g	Baja
<b>Hierro</b>	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, corrosivo		Conservante	Líquido	10 mL	Baja
	Solución de 1000 mg/L de hierro	Fe	Carburante, corrosivo		Solución patrón	Líquido	0.16 mL	Baja

Continúa

**Tabla 2.12 : Sustancias que se emplean dentro del área de Análisis de Absorción Atómica (continuación)**

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Características De Peligrosidad	Pictograma	Función	Estado	Cantidad de reactivo	Frecuencia de uso
<b>Litio</b>	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, corrosivo		Conservante	Líquido	10 mL	Baja
	Solución de 1000 mg/L de litio	Li	carburante		Solución patrón	Líquido	0.030 mL	Baja
<b>Níquel</b>	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, corrosivo		Digestión y conservante	Líquido	10 mL	Baja
	Solución de 1000 mg/L de níquel	Ni	Carburante		Solución patrón	Líquido	0.0002 mL	Baja
<b>Manganeso</b>	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	Explosivo, corrosivo		Conservante	Líquido	10 mL	Baja
	Solución de 1000 mg/L de manganeso	Mn	Tóxico, carburante		Solución patrón	Líquido	0.0525 mL	Baja

Fuente: autores



## **2.4 Área de Bacteriología.**

En esta área del laboratorio se analizan las muestras que ingresan para una evaluación de parámetros bacteriológicos, está ubicada en la primera planta del edificio tres del MARN. A continuación se presenta el diagnóstico.

### ➤ **Descripción física.**

Dentro del área de Bacteriología se observa, cuatro lámparas de dos candelas, un drenaje en el suelo para líquidos, piso de cemento, paredes con pintura epóxica, una carretilla móvil, una mesa de cemento, un estante para reactivos, una vitrina para reactivos y cristalería, aire acondicionado, gavetas para el equipo de cristalería, una conexión para Red y Teléfono, 21 tomas corrientes, un switch de iluminación, un lavado, una tubería de gas propano y 3 terminales con dispensadores. La Temperatura de trabajo es  $20 \pm 2$  °C.

### ➤ **Equipo de protección personal.**

El equipo de protección personal con el que se cuenta en el área de Análisis de Bacteriología es lente de protección personal, guantes de látex, guantes de protección térmica, mascarillas de gases con filtro y gabacha.

Es necesario considerar que se debe portar zapatos cerrados para los procedimientos de laboratorio.

### ➤ **Equipo de seguridad industrial**

Como equipo de seguridad, el área de Análisis de Bacteriología cuenta con una ducha, un extintor contra incendio, lámparas de emergencia, y una alarma contra incendios y un detector de humo

➤ **Equipo instrumental.**

Para describir el equipo instrumental con el que cuenta el área de Bacteriología se muestra la siguiente tabla con la cantidad, marca y modelo:

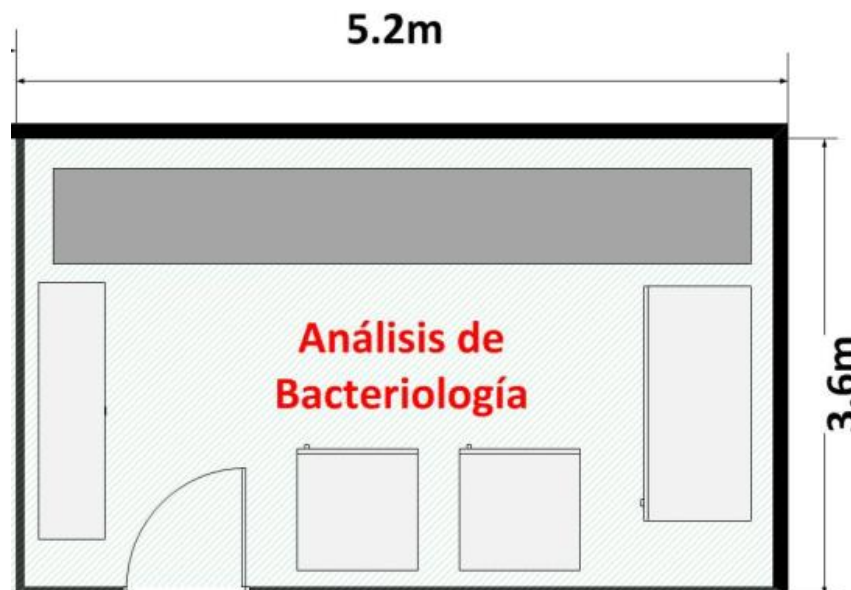
*Tabla 2.13: Equipo instrumental del Área de Análisis Biológico.*

Equipo	Cantidad	Marca	Modelo
Baño María	2	Thermoscientific /precision	2862
Cámara de Flujo Laminar	1	Naune	NU425-400
Balanza	1	Metter Toledo	PB303
pH metro	1	Ultra Basic	UB 5
Incinerador de bacterias	1	McCormick	30KW
Incubadora	1	PRECISION	11-679-71
Refrigerador	1	REVCO	REL3004A18

Fuente: Autor

➤ **Diagrama Área de Bacteriología.**

A continuación se presenta una representación con las dimensiones del cuarto de lavador de la segunda planta.



*Figura 2.16: Diagrama del Área de Bacteriología*

Fuente Autores

## 2.5 Área de equipo caliente.

El área de equipos calientes se encuentra ubicada en la segunda planta dentro del edificio 3 del MARN, a continuación se detalla esta área para su diagnóstico.

### ➤ **Descripción física del área de equipo caliente**

En el área de equipos calientes se encuentra un estante para equipos pequeños, cielo falso, un drenaje para líquidos en el piso, una caja eléctrica, 12 toma corriente, 2 ventanas, 1 puerta de entrada-salida donde la parte superior es de vidrio, dos lámparas de candela y un lavado de cristalería.

### ➤ **Equipo de protección personal.**

El equipo de protección personal con el que se cuenta en el área de equipo caliente es lente de protección personal, guantes de látex, guantes de protección térmica, mascarillas para gases con filtro y gabacha.

Es necesario considerar que se debe portar zapatos cerrados para los procedimientos de laboratorio.

### ➤ **Equipo de seguridad industrial**

El equipo de seguridad dentro del área de equipos caliente está guantes térmicos, extintor de fuego, alarma contra incendio y luces de emergencia.

### ➤ **Equipo instrumental.**

El área de equipo caliente cuenta con una diversidad de equipos que se detallan en la siguiente tabla con la cantidad, marca y modelo:

**Tabla 2.14: Equipo instrumental**

Equipo	Cantidad	Marca	Modelo
Autoclave	2	Markel	STMEL
Agitador de Tamices	1	Tyler	RX30
Termo reactores	2	HACH	BRC-200
Estufa de convección	1	Soiltest	L-18A
Estufa tipo mufla	2	Thermolyne	30400 Furnace
Hotplate	1	Fisher	Scientific
Microondas	1	Anton-PAAR	Multiwavw 300
Sistema de Bloqueo de Digestión	1	AI Scientific	AIM500
Reactor	2	HACH	4500-00
Fuente: Autores			

➤ **Esquema del área de equipo caliente.**

A continuación se muestra una representación con las dimensiones del cuarto de Área de Equipo Caliente, además de fotografías.



**Figura 2.17: Diagrama de Área de equipo caliente**  
Fuente: Autores



*Figura 2.18: Equipo de Caliente: arriba: mufla, agitador de tamices; abajo: sistema de bloqueo de digestión, autoclave.*

Fuente Autores

## 2.6 Cuartos de lavado.

### 2.6.1 Cuarto de lavado segunda planta.

El cuarto de lavado se encuentra ubicado en la segunda planta dentro del edificio del Laboratorio de Calidad de Aguas del MARN.

#### ➤ Descripción física del cuarto de lavado segunda planta

En el cuarto de lavado se encuentra, dos estantes para reactivos y equipo pequeño, cielo falso, piso de cerámica, mesa de cemento tipo “L”, una carretilla móvil con drenaje para muestras y cristalería, 2 lámparas fluorescentes, dos ventanas, dos lavabos para limpieza de

cristalería, una puerta donde la parte superior es de vidrio, gavetas para almacenamiento de residuos, se cuenta con un drenaje en el piso para derrames líquidos, un interruptor para el control de iluminación, cuatro toma corriente, una caja térmica y aire acondicionado.

➤ **Equipo de protección personal.**

La protección personal que es utilizada en el cuarto de lavado son los guantes de látex desechables, gabacha, gafas de seguridad y mascarillas.

➤ **Equipo de seguridad industrial**

Dentro del cuarto de lavado de la segunda planta del laboratorio se cuenta con lámparas de emergencia, un extintor de fuego y un detector de humo.

➤ **Equipo instrumental**

A continuación se detalla el equipo dentro del cuarto de lavado de la segunda planta del Laboratorio de Calidad de agua.

*Tabla 2.15: Equipo instrumental cuarto de lavado segunda planta.*

Equipo	Cantidad	Marca	Modelo
Desmineralizador	1	Barnstead	D7031
Destilador de Alta capacidad (metálico)	1	Barnstead	A1015-20
Destilador de vidrio	1	Barnstead	A56220-857
Bomba de vacío	1	Welch	1399B-01
Bomba de vacío	1	Gast	0523-U4F-G582EDX
Incubadora	1	Incubator, HACH	205
<b>Fuente: Autores</b>			



*Figura 2.19: Destiladores del área de lavado segunda planta*

Fuente: Autores



*Figura 2.20: Área de lavado segunda planta*

Fuente: Autores

### ➤ **Esquema del cuarto de lavado**

A continuación se presenta una representación con las dimensiones del cuarto de lavado de la segunda planta.



*Figura 2.14: Esquema del cuarto de lavado de la segunda planta.*  
Fuente: autores

## 2.6.2 Cuarto de lavado primera planta.

A continuación se detallara el cuarto de lavado de la primera planta para su diagnóstico.

### ➤ Descripción física del cuarto de lavado primera planta.

En el cuarto de lavado se encuentra, un estantes para equipo de protección, cielo falso, piso de cerámica, una lámpara fluorescente, una ventanas, una mesa de cemento, un lavabo para limpieza de cristalería, una puerta donde la parte superior es de vidrio, gavetas para almacenamiento, se cuenta con un drenaje en el piso para derrames líquidos, un interruptor para el control de iluminación, dos toma corriente y aire acondicionado.

### ➤ Equipo de protección personal.

La protección personal que es utilizada en el cuarto de lavado son los guantes de látex desechables, gabacha, gafas de seguridad y mascarillas.



➤ **Equipo de seguridad industrial**

Dentro del cuarto de lavado de la primera planta del laboratorio se cuenta con lámparas de emergencia, y un detector de humo.

➤ **Equipo instrumental.**

El equipo que permanece en esta área del laboratorio de Calidad de Agua se detalla en la siguiente tabla:

*Tabla 2.16: Equipo instrumental para cuarto de lavado de la primera planta*

Cuarto de lavado de la primera planta	Descripción de equipo
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estufa Marca: Cenco Modelo: 95392-16</li><li>• Purificador de agua destilada Marca: Barnstead Modelo:D7031</li></ul>

Fuente: Autores

➤ **Esquema del cuarto de lavado de la primera planta.**

El esquema del cuarto de lavado de la primera planta se presenta a continuación con sus medidas correspondientes.



*Figura 2.21: Esquema del cuarto de lavado primera planta*

Fuente: Autores

## 2.7 Área de bodegas de reactivos.

La bodega de reactivos y ácidos es el lugar donde se almacenan los insumos para realizar las pruebas de los parámetros que se analizan en el laboratorio. Cada uno se encuentra separadas en áreas específicas de la primera planta del laboratorio a continuación se detalla cada una de las áreas:

### 2.7.1 Bodega de reactivos.

La bodega de reactivos es un área pequeña donde se tienen almacenados en estantes los reactivos sólidos que son usados en las pruebas que realiza el laboratorio. En su mayoría se tiene almacenados en cajas reactivos de sobre HACH y reactivos en frasco de calidad de laboratorio

En la bodega de reactivos se tiene un estante para el soporte de los frascos y cajas de reactivo, una lámpara con luz fluorescente de color blanca, unas ventanas, una puerta, un interruptor para el control de iluminación, un toma corriente y las paredes tienen pintura epóxica.



**Figura 2.22:** fotografía y esquema de la bodega de reactivo  
Fuente: Autores

## 2.7.2 Bodega de ácidos

La bodega de ácidos se está ubica en la lavado de la primera planta, esta se encuentra al final del cuarto. En ella se almacena todos los ácidos usados en el laboratorio. En la bodega de ácidos se tiene una mesa para el soporte de los frascos, una lámpara de dos candelas fluorescentes, un extractor de gases, una puerta, un interruptor para el control de iluminación, una toma corriente y las paredes tienen pintura epóxica.



*Figura 2.23: Área de bodega de ácidos*

Fuente: Autores

### ➤ Esquema de la bodega de ácidos



*Figura 2.24: Esquema de la bodega de ácidos*

Fuente: Autores

## 2.8 Área de cisterna y cilindro de gas.

Área de cisterna y cilindro de gas es el lugar en donde se encuentra ubicada la cisterna que abastece de agua al edificio cuando no se tiene el servicio de agua potable suministrada por ANDA, además de estar ubicados los cilindros conteniendo gas propano y el cilindro para contener óxido nitroso. Esta área se encuentra en el exterior del edificio. Posee un piso de cemento y drenaje para las agua lluvias.



*Figura 2.25: Área de cisterna y gas*

Fuente: Autores

## 2.9 Residuos y desecho dentro del laboratorio de calidad de aguas del MARN.

Para los residuos y desechos generados dentro del Laboratorio de Calidad de Aguas se considerara no solo los residuos obtenidos de los análisis, sino que además las muestras ya no utilizadas y los desechos sólidos.

El Laboratorio de Calidad de Aguas, periódicamente recibe muestras las cuales son provenientes de pozos, aguas subterráneas (ya sea de vulcanología o hidrología) y agua superficiales (calidad de agua de ríos y lagos).

La cantidad de muestras a analizar es muy variable, debido a que no solo se realizan análisis de monitoreo continuo, sino que también de denuncias realizadas a por vertidos o comportamientos extraños en cuerpos de agua. El monitoreo continuo es realizado para los lagos de Güija y laguna de Metapán en Santa Ana, para realizar una muestra representativa dentro del monitoreo de ríos, son tomados 124 puntos, y por cada punto son llenados 8 frascos (de los cuales son utilizados aproximadamente un 40 %) de un litro, se realizan 4 monitoreo en el año para el lago de Güija y laguna de Metapán.

Para muestras obtenidas de pozos, se llenan 2 frascos de un litro con muestra sin preservar, y ½ litro con muestra preservada. Para los análisis realizados por denuncias, se realizan los parámetros de pH, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, DBO, DQO, aceites y grasas, según el Reglamento Especial de Aguas Residuales, estos parámetros pueden variar según el problema presentado.

En el capítulo III del Reglamento Especial de Aguas Residuales, se presenta los análisis obligatorios tanto para aguas de tipo ordinario donde las determinaciones mínimas exigidas son:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>);
- b) Potencial hidrógeno (pH);
- c) Grasas y aceites (G y A);
- d) Sólidos sedimentables (SSed);
- e) Sólidos suspendidos totales (SST);
- f) Coliformes totales (CT), y
- g) Cloruros (Cl).

En tanto los análisis de coliformes fecales son obligatorios cuando se realicen vertidos de aguas residuales en cuerpos receptores de agua donde se realicen actividades recreativas de contacto primario, acuicultura o pesca, además se realizan análisis cuando los vertidos provienen de hospitales, centros de salud, laboratorios microbiológicos y en casos de permiso ambiental.

Para las aguas residuales de tipo especial los valores mínimos requeridos son:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>);
- b) Demanda Química de Oxígeno (DQO);
- c) Potencial hidrógeno (pH);
- d) Grasas y aceites (G y A);
- e) Sólidos sedimentables (Ssed);
- f) Sólidos suspendidos totales (SST), y
- g) Temperatura (T).

Dentro del capítulo IV del Reglamento Especial de Aguas Residuales, se detalla la frecuencia mínima de muestreo y análisis realizados a aguas residuales vertidas en cuerpos receptores de agua.

Para las aguas residuales de tipo ordinario se tiene que tomar en cuenta el caudal del cuerpo receptor en metros cúbicos por día, para determinar la frecuencia de muestreo y análisis de los parámetros establecidos anteriormente. De esta forma se presenta a continuación la tabla para muestreo de aguas residuales de tipo ordinario.

**Tabla 2.17: Frecuencia de muestreo para aguas residuales de tipo ordinario.**

Parámetros	Caudal m <sup>3</sup> /día		
	< 50	> 50	> 100
pH, Sólidos Sedimentables y Caudal	Mensual	Semanal	Diario
	Anual	Semestral	Trimestral
Grasas y aceites	Trimestral	Trimestral	Trimestral
DBO <sub>5,20</sub>	Anual	Semestral	Trimestral
Sólidos Suspendidos Totales	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Coliformes Fecales	Trimestral	Trimestral	Trimestral

Fuente: Reglamento Especial de Aguas Residuales, Decreto No. 39, San Salvador, 31 de mayo de 2002.

Para el agua residual de tipo especial también se establece según el caudal medido del cuerpo receptor, para así poder establecer si los parámetros mínimos para aguas residuales de tipo especial, serán muestreados y analizados diariamente, semanal, mensual o anualmente.



**Tabla 2.18: Frecuencia de muestreo para aguas residuales de tipo especial.**

Características	Caudal m <sup>3</sup> / día		
	< 10	10 a 100	> 100
Temperatura, pH, Sólidos Sedimentables y Caudal Otros parámetros obligatorios según el Art 18	Mensual	Semanal	Diario
	Anual	Semestral	Trimestral

Fuente: Reglamento Especial de Aguas Residuales, Decreto No. 39, San Salvador, 31 de mayo de 2002.

Para mayor detalle de la normativa establecida en los capítulos III y IV del Reglamento Especial de Aguas Residuales ver el anexo 3.

A continuación se presenta las imágenes de frascos conteniendo residuos de la determinación de detergente que han sido almacenados.



**Figura 2.26: Residuos de laboratorio**

Fuente Autores



**Figura 2.27: Residuos actuales almacenados en el laboratorio**

Fuente: Autores

### **Residuos generados en el Área de Absorción Atómica**

Como forma de inventario, se ha contabilizado y resumido en tablas, los residuos almacenados dentro del Laboratorio de Calidad de Agua del MARN, para ello a cada recipiente se le han asignado un código de residuos siendo este temporal, los parámetros de donde provienen los residuos, se tiene la contabilización de los volúmenes dentro de los recipientes además de su pH, color, fecha, el tipo de recipiente que lo contiene, su peligrosidad, y observaciones según si se muestra precipitado.

Los parámetros determinados en el Área de Absorción Atómica son depositados en un mismo contenedor de forma sistemática, de forma que se cuenta con mezcla de metales.



*Tabla 2.19: Residuos generados en el Área de Absorción Atómica*

<b>Código de residuo (Temporal)</b>	<b>Parámetros a analizar</b>	<b>Volumen (litros)</b>	<b>pH</b>	<b>Color</b>	<b>Fecha de final de llenado (día-mes-año)</b>	<b>Tipo de recipiente</b>	<b>Peligrosidad</b>	<b>Observación</b>
<b>AA-1</b>	Metales y sedimentos	3.62265	0.9	Transparente	30-12-2012	Plástico PET de 4 lt	Corrosivo, toxico	No muestra precipitado
<b>AA-2</b>	Metales y sedimentos	4.32951	0.6	Transparente	20-12-2012	Plástico PET de 4 lt	Corrosivo, toxico	No muestra precipitado
<b>AA-3</b>	Metales y sedimentos	3.92306	0.4	Transparente	-----	Plástico PET de 4 lt	Corrosivo, toxico	No muestra precipitado
<b>AA-4</b>	Metales y sedimentos	17.052	0.9	Transparente	8-11-2011	Garrafa plastica de 5 galones	Corrosivo, toxico	No muestra precipitado
<b>Total</b>		28.93						

Fuente: Autores

### Residuos generados de Análisis Físicoquímico

A continuación se presentan los residuos generados en esta área del Laboratorio de Calidad de Agua de igual forma como se realizó para el Área de Absorción Atómica.

*Tabla 2.20: Residuos generados del Análisis Físicoquímico.*

<b>Código de residuo (temporal)</b>	<b>Parámetros a analizar</b>	<b>Volumen (litros)</b>	<b>pH</b>	<b>Color</b>	<b>Fecha final de llenado (día-mes-año)</b>	<b>Tipo de recipiente</b>	<b>Peligrosidad</b>	<b>Observación</b>
<b>1-A</b>	Detergente	4.417	1.3	Azul	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
<b>1-B</b>	Detergente	3.887	1.3	Azul	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Poco de precipitado
<b>1-C</b>	Detergente	3.976	1.4	Azul	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Poco precipitado
<b>2-A</b>	Detergente	4.064	1.5	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>2-B</b>	Detergente	3.028	1.5	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica de 1 galón	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>2-C</b>	Detergente	3.180	1.4	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>3-A</b>	Detergente	3.711	1.5	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>3-B</b>	Detergente	4.241	1.6	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>3-C</b>	Detergente	3.028	1.5	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica de 1 galón	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>4-A</b>	Detergente	4.948	1.4	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>4-B</b>	Detergente	4.948	1.6	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado

**Tabla 2.20: Residuos generados del Análisis Físicoquímico (continuación)**

<b>4-C</b>	Detergente	4.417	1.5	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Poco precipitado
<b>5-A</b>	Detergente	3.711	1.6	Marrón claro	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>5-B</b>	Detergente	4.417	1.5	Marrón claro	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>5-C</b>	Detergente	4.241	1.6	Marrón claro	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>6-A</b>	Detergente	4.948	1.4	Marrón claro	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>6-B</b>	Detergente	3.028	1.5	Marrón claro	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica de 1 galón	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>6-C</b>	Detergente	3.004	1.5	Marrón claro	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>7-A</b>	Detergente	4.948	1.5	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>7-B</b>	Detergente	4.948	1.5	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>7-C</b>	Detergente	2.650	4.5	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Toxico	Sin precipitado
<b>8-A</b>	Detergente	4.948	1.5	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>8-B</b>	Detergente	4.948	4.8	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Toxico	Sin precipitado
<b>8-C</b>	Detergente	4.948	1.4	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>9-A</b>	Detergente	3.711	4.6	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Toxico	Sin precipitado

**Tabla 2.20: Residuos generados del Análisis Físicoquímico (continuación)**

<b>9-B</b>	Detergente	4.849	1.4	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>9-C</b>	Detergente	4.064	1.5	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>10-A</b>	Detergente	4.064	1.5	Azul	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
<b>10-B</b>	Detergente	4.417	1.5	Azul-morado	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Poco precipitado
<b>10-C</b>	Detergente	1.413	2.5	Marrón claro	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>11-A</b>	Detergente	3.028	1.5	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica de 1 galón	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>11-B</b>	Detergente	3.028	1.5	Rosa pálido	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica de 1 galón	Corrosivo, toxico	Con precipitado
<b>11-C</b>	Detergente	4.948	0.1	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
<b>12-A</b>	Detergente	4.948	0.4	Transparente	Finales de 2012 e inicios 2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
<b>F2-De-1</b>	Detergente	0.0235	1.4	Azul	30-4-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
<b>F2-De-2</b>	Detergente	4.948	1.5	Azul	30-4-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
<b>F2-De-3</b>	Detergente	4.948	1.4	Azul	30-4-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
<b>F2-De-4</b>	Detergente	4.064	1.4	Azul	30-4-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
<b>Total de detergente</b>		<b>151.05</b>						
<b>F2-Ni-01</b>	Nitritos	0.172	2.7	Transparente	6-6-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Nocivo, corrosivo	Sin precipitado

**Tabla 2.20: Residuos generados del Análisis Fisicoquímico (continuación)**

<b>F2-Fenoles-1</b>	Fenoles	0.706	5.6	Amarrillo	21-3-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Toxico, nocivo	Sin precipitado
<b>F2- Na-1</b>	Nitrógeno Amoniacal	3.887	13.6	Café	23-4-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Toxico, peligro al ambiente, nocivo	Con precipitado
<b>F2-forfato-1</b>	Fosfatos	3.887	1.1	Celeste	12-6-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
<b>F2-N-1</b>	NO3	2.650	4.3	Marrón Oscuro	23-4-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Toxico, peligro al ambiente	Sin precipitado
<b>F2-F-1</b>	Flúor	3.004	0.2	Cereza	25-4-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo	Sin precipitado
<b>F2-Si-1</b>	Sílice	3.180	0.7	Transparente	23-4-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, irritante	Sin precipitado
<b>F2-Su-1</b>	Sulfuro	0.353	0.3	Marrón claro	6-6-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
<b>F2-be-1</b>	Benceno	1.237	3.1	Morado	30-4-2013	Garrafa plástica PET de 4 litros	Corrosivo, toxico, irritante	Dos fases
<b>F2-DQO-1</b>	DQO	1.470	0.2	Amarillo	-----	Fascos de vidrio color ámbar	Corrosivo, toxico, peligro al ambiente	Sin precipitado
<b>F2-DQO-2</b>	DQO	3.116	0.2	Amarillo	-----	Fascos de vidrio color ámbar		Sin precipitado
<b>D-1-A</b>	DQO	0.929	0.4	Amarillo	-----	Fascos de vidrio color ámbar		Sin precipitado
<b>Total de residuos de DQO</b>		5.52						

**Tabla 2.20: Residuos generados del Análisis Físicoquímico (continuación)**

<b>F2-A+C-1</b>	Ácido sulfúrico + Carmine	1.1875	1	Vino	-----	Frascos de vidrio color ámbar	Corrosivo, toxico	Sin precipitado
	DQO, K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , HgSO <sub>4</sub> , Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .	9.8	1.8	Amarillo	-----	Tubos de cristal	Corrosivo, toxico, peligro al ambiente	Sin precipitado

Fuente: Autores.

Aclaración: Los frascos que siendo de 4 litros, la sustancia sobrepasa ese volumen, es porque han sido sobrellenados

## 2.10 Desechos sólidos

Entre los desechos generados en los laboratorios, se encuentran:

- Guantes: cuando hay gran demanda aproximadamente 4 pares de guantes semanales por técnico.
- Mascarillas desechables
- Cristalería rota
- 4 cajas conteniendo muestras de suelo provenientes del Sitio del niño
- Papelería de oficina
- Papel higiénico
- Artículos de limpieza



*Figura 2.28: Desechos sólidos*

Fuente: Autores

# **CAPITULO III. PROPUESTA GENERAL PARA EL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.**

---

## **3 Propuesta para el tratamiento y disposición final de los residuos generados en el Laboratorio de Calidad de Aguas del MARN.**

Para la propuesta no solo se considera, una solución para el tratamiento a los residuos que se generan debido a los análisis del laboratorio de calidad de agua, sino también una disposición tanto temporal como final, para ese fin se considera el almacenamiento, la propuesta para un tratamiento adecuado a los residuos y la disposición final.

### **3.1 Almacenamiento**

Para el almacenamiento adecuado es importante, tener el conocimiento de la cantidad de residuos que se está generando dentro del Laboratorio de calidad de agua del MARN, la compatibilidad, etiquetado, acondicionamiento de las instalaciones, manejo y manipulación, por lo que a continuación se desarrollan estos y otros temas.

#### **3.1.1 Determinación de volumen de desecho.**

Para cada parámetro se ha obtenido el volumen que se genera por análisis, así se muestra en la siguiente tabla, con el parámetro, sustancia, nomenclatura, estado, cantidad de reactivo individual, volumen por reactivo y volumen total.



**Tabla 3.1: Volumen generado por cada parámetro para el área de Análisis Fisicoquímico de la primera planta**

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Estado	Cantidad de reactivo	Volumen (mL)	Volumen total (mL)
Alcalinidad	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	25 mL	25	55.01
	Ácido Sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Líquido	5 mL	5	
	Fenolftaleína	C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	Sólido	0.01g	0.008	
	Rojo de Metilo+ Verde de Bromocresol	C <sub>15</sub> H <sub>15</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub> <sup>+</sup> C <sub>21</sub> H <sub>14</sub> Br <sub>4</sub> O <sub>5</sub> S	Sólido	0.0002 g + 0.001 g	0.001	
	Agua	H <sub>2</sub> O	Líquido	25 mL	25	
Cloruros	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	10 mL	10	10.037
	Cromato de Potasio	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Sólido	0.05 g	0.018	
	Nitrato de Plata	AgNO <sub>3</sub>	Sólido	0.0168 mL	0.0168	
	Cloruro de Sodio	NaCl	Sólido	4.944 mg	0.0023	
Calcio	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	25 mL	25	50.12
	Agua	H <sub>2</sub> O	Líquido	25 mL	25	
	Hidróxido de Sodio	NaOH	Sólido	0.0002 g y 0.0998 g	0.047	
	Murexide de Sodio	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> N <sub>6</sub> O <sub>6</sub> <sup>+</sup> NaCl	Sólido	0.0002 g y 0.0998 g	0.047	
	EDTA	((HOCOCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Sólido	0.0186 g	0.02162	
Continua						

Tabla 3.1: volumen generado por cada parámetro para el área de fisicoquímica de la primera planta (continuación)						
<b>Dureza</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	25 mL	25	50.76
	Agua	H <sub>2</sub> O	Líquido	25 mL	25	
	Buffer Para Dureza	NH <sub>4</sub> Cl + NH <sub>4</sub> OH + EDTA + MgSO <sub>4</sub>	Sólido + Líquido + Sólido + Sólido	0.0656 g + 0.57 mL + 0.0047 g + 0.0031 g	0.619	
	Indicador de Negro de Eriocromo T en Cloruro de Sodio	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> N <sub>3</sub> NaO <sub>7</sub> S + NaCl	Sólido + Sólido +	0.0002 g y 0.0998 g	0.011	
	EDTA	((HOCOCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Sólido	0.0186 g	0.0216	
	Ácido Nítrico	HNO <sub>3</sub>	Líquido	0.05 mL	0.05	
<b>Aceites y grasas</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	300 mL	300	301 (30 mL ocasionalmente)
	Ácido Clorhídrico	HCl	Líquido	1 mL	1	
	Éter de Petróleo	Mezcla de Componentes	Líquido	30 mL	30	
<b>Sólidos suspendidos</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	100 mL	100	100
<b>DBO</b>	Muestra		Líquido	750 mL	750	1250+0.000004
	Agua de dilución	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> .2 H <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> .7 H <sub>2</sub> O + NH <sub>4</sub> Cl + MgSO <sub>4</sub> .7 H <sub>2</sub> O + CaCl <sub>2</sub> .2 H <sub>2</sub> O + FeCl <sub>3</sub> .6 H <sub>2</sub> O	Líquido: Sólido + Sólido + Sólido + Sólido + Sólido + Sólido	500 mL: 0.00425 g + 0.010875 g + 0.0167 g + 0.00085 g + 0.001125 g + 0.001375 g + 0.000125 g	500	
	Ácido Glutámico	C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>4</sub>	Sólido	0.0015 mg	0.000002	
	Glucosa	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Sólido	0.0015 mg	0.000002	

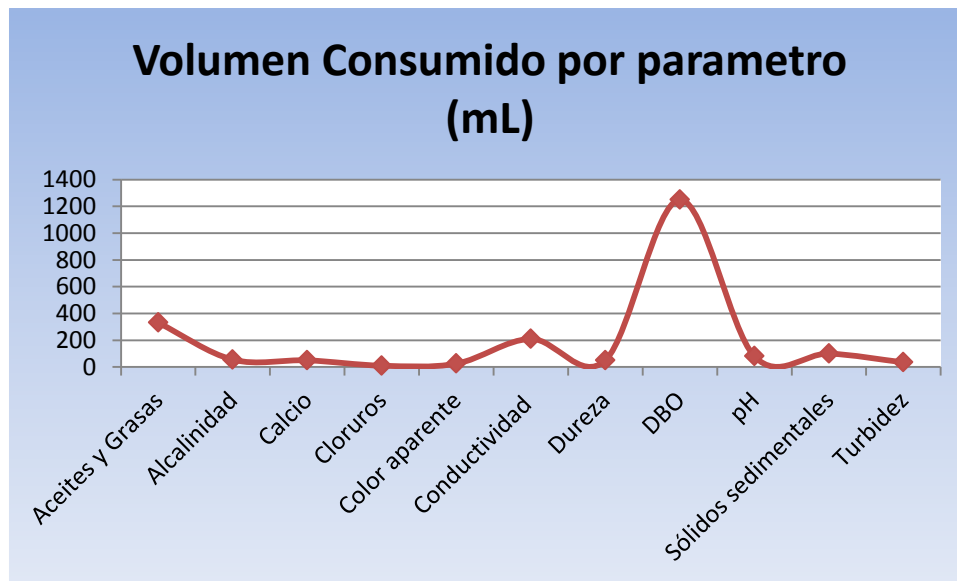
Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Estado	Cantidad de reactivo	Frecuencia de uso	Volumen total (mL)
pH	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	50 mL	50	50 y 30 (ocasionalmente)
	Solución Buffer pH 7.00	Mezcla de Componentes	Líquido	10 mL	10	
	Solución Buffer pH 4.00	Mezcla de Componentes	Líquido	10 mL	10	
	Solución Buffer pH 10.00	Mezcla de Componentes	Líquido	10 mL	10	
Conductividad	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	200 mL	200	200 + 10 (ocasionalmente)
	Solución de 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Cloruro de potasio o cloruro de sodio	Líquido	10 mL	10	
Color Aparente	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	25 mL	25	25
Turbidez	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	25 mL	25	25 + 10 mL (ocasionalmente)
	Solución de 4000 UNT	Cloruro de Hidrazina	Líquido	10 mL	10	
Fuente: Autores						

En las siguientes tablas y figuras, se muestra un resumen con los volúmenes, número de casos que son presentados durante un año al Laboratorio de Calidad de Agua, y el volumen total para cada parámetro realizado dentro del área de Análisis Fisicoquímico de la primera planta.

**Tabla 3.2: Volumen total para el área de Análisis Físicoquímico de la primera planta.**

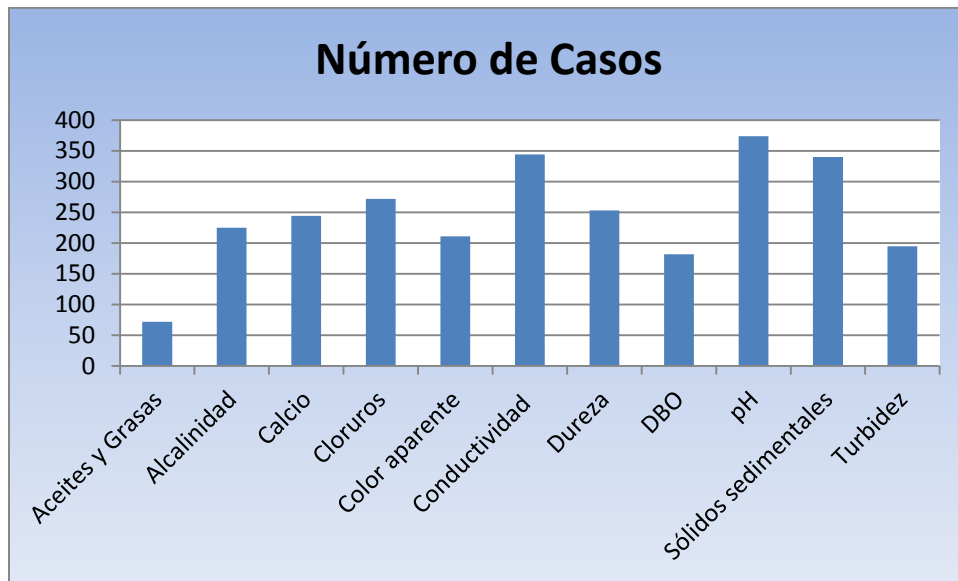
Parámetro	Volumen	# de Casos	Nº de Replicas	Volumen Total
Aceites y Grasas	331	72	2	47664.00
Alcalinidad	55.01	225	2	24754.50
Calcio	50.12	244	2	24458.56
Cloruros	10.037	272	2	5460.13
Color aparente	25	211	2	10550.00
Conductividad	210	344	2	144480.00
Dureza	50.76	253	2	25684.56
DBO	1250	182	2	455000.00
pH	80	374	2	59840.00
Sólidos sedimentales	100	340	2	68000.00
Turbidez	35	195	2	13650.00

Fuente: Autores



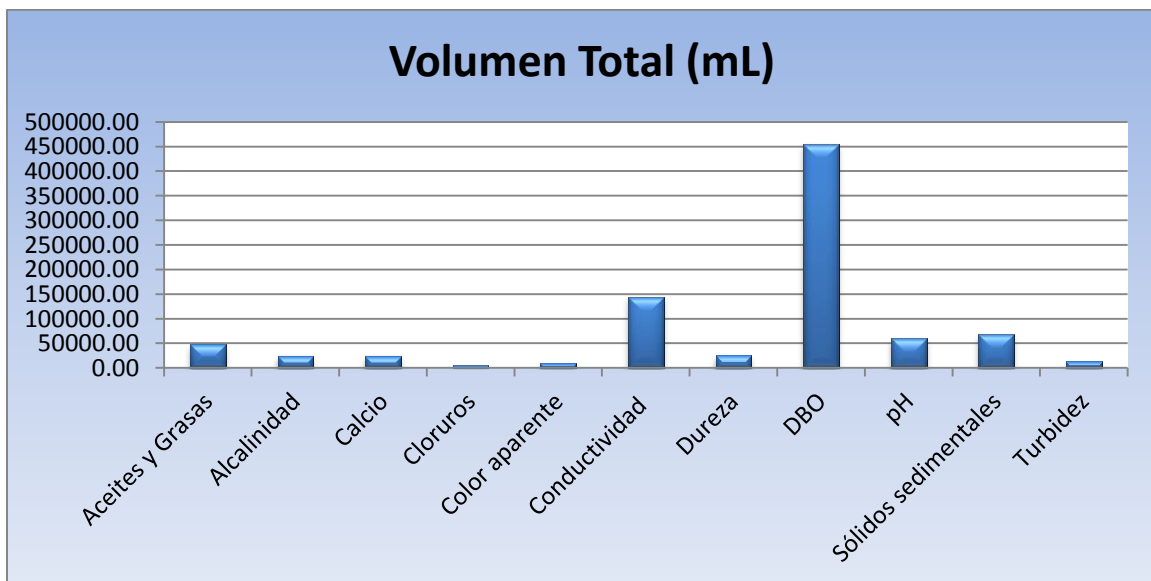
**Figura 3.1: Volumen consumido por parámetro para el área de Análisis Físicoquímico de la primera planta.**

Fuente: Autores



**Figura 3.2: Número de casos en el área de Físicoquímico.**

Fuente: Autores



**Figura 3.3: Volumen total para el área de Físicoquímico de la primera planta.**

Fuente: Autores

De igual forma como se presentó volúmenes de residuos generados por análisis dentro del área de Físicoquímico de la primera planta, así se presenta los volúmenes totales para los parámetros dentro del área de Físicoquímico de la segunda planta.

**Tabla 3.3: Volumen generado por cada parámetro para el área de Fisicoquímico de la segunda planta**

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Estado	Cantidad de reactivos	Volumen (mL)	Volumen Total (mL)
<b>Ácido Sulhídrico HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	25 mL	25	27
	Sulfide 1 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y agua desmineralizada)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Líquido	1 mL	1	
	Sulfide 2 (Agua desmineralizada y Dicromato de Potasio)	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Líquido	1 mL	1	
<b>Boro HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	0.5 mL	0.5	9.23
	Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Líquido	8.7 mL	8.7	
	BoroVer	KCL+C <sub>22</sub> H <sub>20</sub> O <sub>13</sub>	Sólido	0.058 g	0.03	

Tabla 3.3: volumen generado por cada parámetro para el área de fisicoquímica de la segunda planta (continuación)

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Estado	Cantidad de reactivos	Volumen (mL)	Volumen Total (mL)
<b>Cromo hexavalente HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	10 mL	10	10.116
	Cromaver 3	Mezcla de Componentes	Sólido	1 sobre	0.024	
	Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Líquido	0.092 mL	0.092	
<b>Cianuros HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	10 mL	10	50.198
	Cianuro de potasio	KCN	Sólido	0.00017514 g	0.00012	
	Hidróxido de sodio	NaOH	Sólido	0.2532 g	0.119	
	Agua	H <sub>2</sub> O	Líquido	40 mL	40	
	Cyaniver 3	HNa <sub>2</sub> O <sub>4</sub> P+ H <sub>2</sub> KO <sub>4</sub> P+ C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> C <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Sólido	1 sobre	0.022	
	Cyaniver 4	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + C <sub>13</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub> O+C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub>	Sólido	1 sobre	0.0283	
	Cyaniver 5	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub> O +Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Sólido	1 sobre	0.0283	
<b>Detergentes HACH</b>	muestra	-----	Líquido	300 mL	300	340.025
	Solución buffer de fosfatos (sulfato de sodio)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Líquido	10 mL	10	
	Almohadilla para detergentes (cloruro de sodio y otros componentes)	NaCl	Sólido	1 sobre	0.025	
	Benceno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Líquido	30 mL	30	

Tabla 3.3: Volumen generado por cada parámetro para el área de fisicoquímica de la segunda planta (Continuación)

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Estado	Cantidad de reactivos	Volumen (mL)	Volumen Total (mL)
<b>Fluoruros HACH</b>	muestra	-----	Líquida	10 mL	10	12
	Reactivo SPADNS (Agua Desionizada, Arsenito de sodio, Ácido clorhídrico)	NaAsO <sub>2</sub> + HCL	Líquido	2 mL	2	
<b>DQO Rango alto</b>	Dicromato de potasio	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Sólido	0.0153 g	0.0057	32.54
	Ácido sulfúrico conc.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Líquido	3.75 mL	3.75	
	Sulfato de mercurio	HgSO <sub>4</sub>	Sólido	0.05 g	0.00077	
	Sulfato de plata	Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sólido	0.0354 g	0.0072	
	Biftalato de potasio	C <sub>8</sub> H <sub>5</sub> KO <sub>4</sub>	Sólido	0.0393 g	0.024	
	Agua	H <sub>2</sub> O	Líquido	25 mL	25	
<b>Fenoles</b>	Muestra	-----	Líquido	25 mL	25	25.18
	Solución estándar de fenol de 3000 mg/l	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	Líquido	0.00175 mL	0.00175	
	Hidróxido de amonio	NH <sub>4</sub> OH	Líquido	0.0124 mL	0.0124	
	Solución tampón fosfato: KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Sólido	0.1440 g + 0.209 g	0.147	
	4-aminoantipirina	C <sub>11</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> O	Sólido	0.005 g	0.0041	
	Ferricianuro de potasio	K <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	Sólido	0.025 g	0.0135	
<b>Fosfatos HACH</b>	Muestra	-----	Líquido	10 mL	10	10.023
	FosVer 3 Ácido ascórbico, Piro-sulfato de potasio, Molibdato de sodio	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> + K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	Sólido	1 sobre	0.023	
<b>Nitrato HACH</b>	Muestra	-----	Líquido	10 mL	10	10.03
	NitraVer 5	Mezcla de Componentes	Sólido	1 sobre	0.0275	



Tabla 3.3: volumen generado por cada parámetro para el área de fisicoquímica de la segunda planta (continuación)

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Estado	Cantidad de reactivos	Volumen (mL)	Volumen Total (mL)
<b>Fósforo total HACH</b>	FosVer 3 Ácido ascórbico, Pirosulfato de potasio, Molibdato de sodio	$C_6H_8O_6 + K_2S_2O_8 + Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	Sólido	1 sobre	0.023	8.05
	Persulfato de potasio	$K_2S_2O_8$	Sólido	1 sobre	0.023	
	Reactivo de digestión de fósforo total ( $H_2SO_4$ )	$H_2SO_4$	Líquido	2 tubos (2 mL/tubo)	4	
	Solución de hidróxido de sodio 1.54 N	NaOH	Líquido	2 mL	2	
	Agua desionizada	$H_2O$	Líquido	5 mL	2	
<b>Nitrito HACH</b>	Muestra	-----	Líquido	10 mL	10	10.03
	NitriVer3	Mezcla de Componentes	Sólido	1 sobre	0.0282	
<b>Nitrógeno amoniaca I HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	25 mL	25	26.3
	Estabilizador mineral	$KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ $HOC(COONa)(CH_2COONa)_2 \cdot 2H_2O$	Líquido	0.15 mL	0.15	
	Alcohol polivinílico	$CH_2CHOH$	Líquido	0.15 mL	0.15	
	Reactivo nessler	NaOH, NaI y $HgI_2$	Líquido	1 mL	1	

Tabla 3.3: volumen generado por cada parámetro para el área de fisicoquímica de la segunda planta (Continuación)

<b>NTK HACH</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	20 mL	20	111.8
	Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Líquido	40 mL	40	
	Peróxido de hidrógeno	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Líquido	5 mL	5	
	Agua	H <sub>2</sub> O	Líquido	Llevar a 100 mL	20	
	Indicador NTK	Mezcla de Componentes	Líquido	0.5 mL	0.5	
	Alcohol polivinilico	CH <sub>2</sub> CHOH	Líquido	0.15 mL	0.15	
	Estabilizador mineral	KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> .4 H <sub>2</sub> O HOC(COONa) (CH <sub>2</sub> COONa) <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	Líquido	0.15 mL	0.15	
	Reactivo nessler	NaOH NaI HgI <sub>2</sub>	Líquido	1 mL	1	
	Agua	H <sub>2</sub> O	Líquido	Llevar a 25 mL	25	
<b>Sílice</b>	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	10 mL	10	20.24
	Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Líquido	0.2 mL	0.2	
	Molibdato de amonio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	Sólido	0.04 g	0.016	
	Acido oxálico	HOCCOOH	Sólido	0.03 g	0.015	
	Metasilicato de sodio	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Líquido	0.012 g	0.0069	
	Agua	H <sub>2</sub> O	Líquido	Llevar a 1000 mL	10	
<b>Sulfatos HACH</b>	Muestra	Mezcla de componentes	Líquido	25 mL	25	30.28
	SulfaVer 4	BaCl <sub>2</sub> H <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub>	Sólido	1 sobre	0.028	
	Solución estándar de 100 mg/L de Sulfatos	100 mg/L de sulfatos	Líquido	5.25 mL	5.25	

**Tabla 3.3: volumen generado por cada parámetro para el área de Análisis Físicoquímico de la segunda planta (continuación)**

Parámetro	Sustancia	Nomenclatura	Estado	Cantidad de reactivos	Volumen (mL)	Volumen Total (mL)
Sulfuros	Muestra	Mezcla de Componentes	Líquido	25 mL	25	27
	Sulfide 1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Líquido	1 mL	1	
	Sulfide 2	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Líquido	1 mL	1	

**Fuente: Autores**

A continuación se muestra la tabla conteniendo un resumen con los volúmenes, número de casos que son presentados durante un año al laboratorio de calidad de agua, y el volumen total para cada parámetro realizado dentro del área de físicoquímico de la primera planta.

**Tabla 3.4: Volumen total de residuo generado en el área de Físicoquímico de la segunda planta para el análisis de muestras.**

Parámetro	Volumen de residuo (mL)	Número de Casos	N° de Replicas	Volumen Total de residuos (mL)
Ácido Sulhídrico	27	63	2	3402.00
Boro	9.23	203	2	3747.38
Cromo Hexavalente	10.024	69	2	1383.31
Cianuros	50.198	36	2	3614.26
Detergentes	340.025	48	2	32642.40
DQO	32.5	145	2	9425.00
Fenoles	25.18	36	2	1812.96
Fluoruros	12	177	2	4248.00
Fosfatos	10.023	63	2	1262.90
Fósforo total	8.05	171	2	2753.10
Nitratos	10.03	281	2	5636.86
Nitritos	10.03	123	2	2467.38
Nitrógeno amoniacal	26.3	161	2	8468.60
NTK	111.8	181	2	40471.60
Sílice	20.24	187	2	7569.76
Sulfatos	30.28	280	2	16956.80
Sulfuros	27	102	2	5508.00

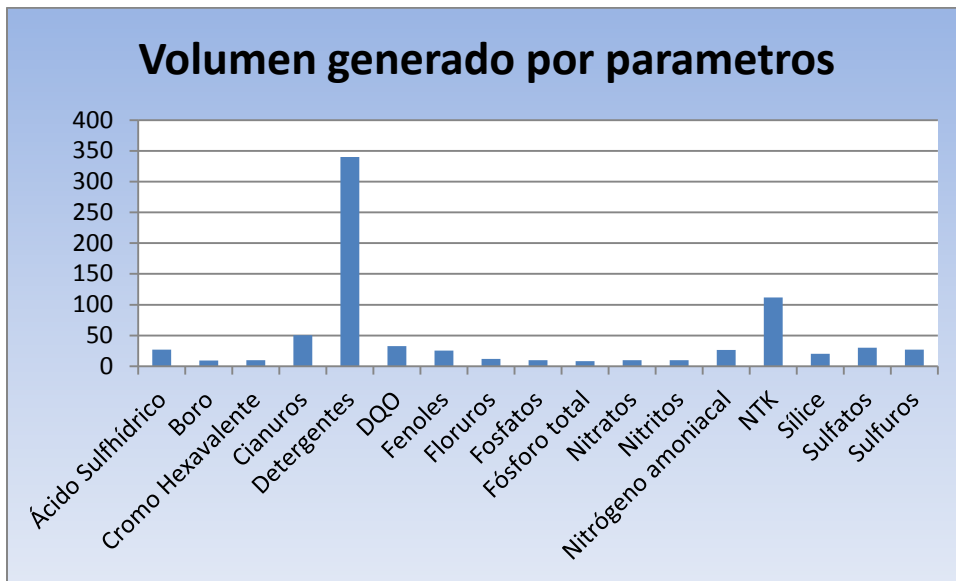
Fuente. Autores

Para cada parámetro se genera un volumen extra en análisis, este se origina a partir del control de calidad que debe realizar para cada análisis, Para el control de calidad requiere un volumen indicado de muestra fortificada, blanco y blanco fortificado. Además para cada análisis de parámetros requiere una curva de calibración de la cual varía entre 4 hasta 7 puntos, dependiendo el parámetro. Ese volumen gastado para el análisis de cada parámetro se detalla a en el siguiente tabla.

**Tabla 3.5: Volumen total de residuo generado en el área de Fisicoquímico de la segunda planta para el análisis del control de calidad de las muestras.**

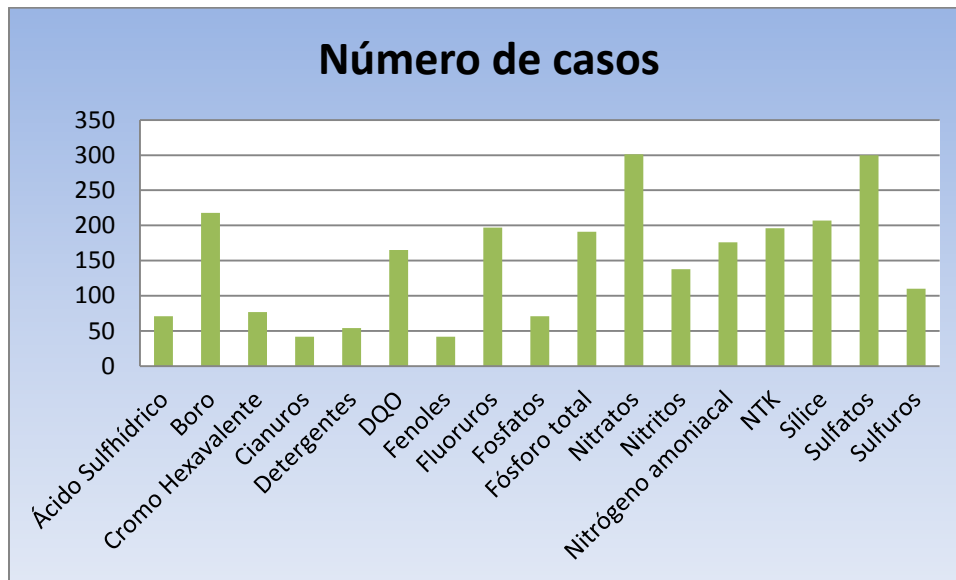
Parámetro	Volumen de residuo (mL)	Número de Casos	N° de Replicas	Volumen Total de residuos (mL)
Ácido Sulhídrico	27	8	2	432.00
Boro	9.23	15	9	1246.05
Cromo Hexavalente	10.024	8	10	801.92
Cianuros	50.198	6	7	2108.32
Detergentes	340.025	6	2	4080.30
DQO	32.5	20	11	7150.00
Fenoles	25.18	6	8	1208.64
Fluoruros	12	20	9	2160.00
Fosfatos	10.023	8	9	721.66
Fósforo total	8.05	20	8	1288.00
Nitratos	10.03	20	10	2006.00
Nitritos	10.03	15	11	1654.95
Nitrógeno amoniacal	26.3	15	9	3550.50
NTK	111.8	15	10	16770.00
Sílice	20.24	20	9	3643.20
Sulfatos	30.28	20	9	5450.40
Sulfuros	27	8	2	432.00

Fuente: Autores



**Figura 3.4: Volumen consumido por parámetro para el área de Fisicoquímico de la segunda planta.**  
Fuente: Autores

Para los cuadros del número de casos y el volumen total, se han sumado los datos análisis de muestra y del control de calidad.



**Figura 3.5: Número de casos en el área de Fisicoquímico**  
Fuente: Autores

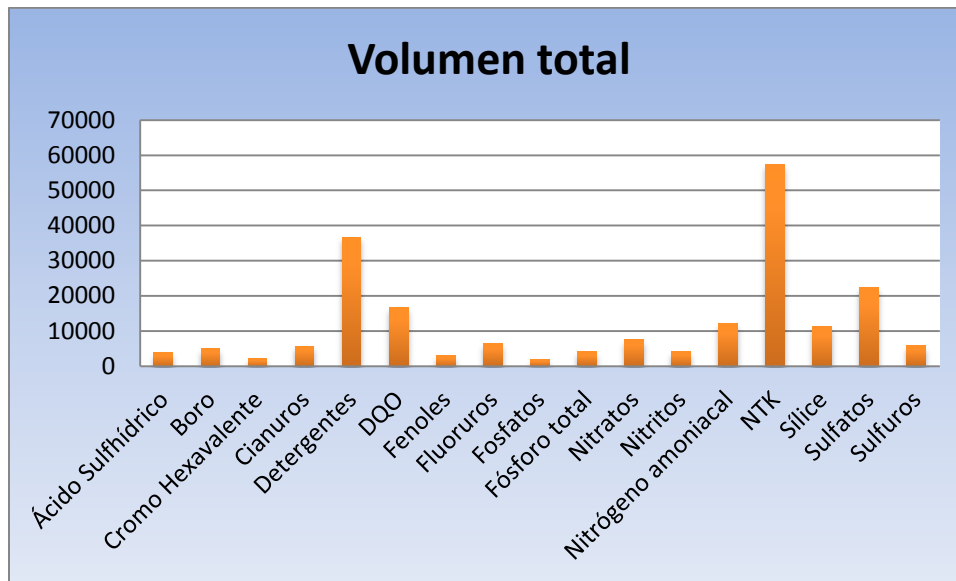


Figura 3.6: Volumen total para el área de Fisicoquímico de la segunda planta  
Fuente: Autores

### 3.1.2 Análisis de compatibilidad de sustancias y peligrosidad

Mediante el análisis de los reactivos en cada parámetro se ha asignado la compatibilidad entre los parámetros analizados en las áreas de fisicoquímica, así como se muestra en las siguientes figuras. De la tabla de compatibilidad de fisicoquímica de la primera planta, no se han tomado en cuenta los parámetros en que se analiza la muestra tal y como llegó al laboratorio de calidad de agua.

	Aceite y grasas	Calcio	Cloruros	Dureza	DBO
Aceite y grasas	Green	Green	Red	Green	Green
Calcio	Green	Green	Green	Green	Green
Cloruros	Red	Red	Green	Red	Red
Dureza	Green	Green	Red	Green	Green
DBO	Green	Green	Red	Green	Green

Figura 3.7: compatibilidad de residuos para el área de Fisicoquímico de la primera planta.  
Fuente: Autores

Se pueden almacenar juntos  
No almacenar juntos



De igual forma como se presentó la figura de compatibilidad para el área de fisicoquímica de la primera planta, se muestra para el área de fisicoquímica de la segunda planta, así se presenta a continuación.

	Boro	Cianuros	Cromo hexavalente	Detergente	DQO	Fenoles	Flúor	Fosfatos	Fósforo Total	Nitratos	Nitritos	Nitrógeno amoniacal	NTK	Sílice	Sulfatos	Sulfuros
Boro	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Cianuros	Red	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Cromo hexavalente	Red	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Detergentes	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow
DQO	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green
Fenoles	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red
Flúor	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Fosfatos	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Fósforo total	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Nitratos	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Nitritos	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Nitrógeno amoniacal	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Yellow	Red
NTK	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Sílice	Red	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
Sulfatos	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow
Sulfuros	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green

*Figura 3.8: compatibilidad de residuos provenientes de los parámetros del área de Físicoquímico de la segunda planta.*

Fuente: Autores

Se pueden almacenar juntos



Almacenar con precaución




No almacenar juntos



A continuación se presentan tablas con la peligrosidad y los pictogramas para los parámetros analizados dentro de las áreas de Absorción Atómica y Análisis Físicoquímico de primera y segunda planta, además de un ejemplo de cálculo de este.















**Tabla 3.6: Laboratorio de Físicoquímico primera planta**

Parámetro	Peligrosidad	Pictograma	Frases R
<b>Aceites y Grasas</b>	Corrosivo, Nocivo		R 34, R20
<b>Alcalinidad</b>	Corrosivo		R 35
<b>Calcio</b>	-----	-----	
<b>Cloruros</b>	Mutágenos categoría 1 ó 2, Cancerígena categoría 1 ó 2		R49, R 46
<b>Color aparente</b>	-----	-----	
<b>Conductividad</b>	-----	-----	
<b>Dureza</b>	-----	-----	
<b>DBO</b>	-----	-----	
<b>pH</b>	-----	-----	
<b>Sólidos sedimentales</b>	-----	-----	
<b>Turbidez</b>	Corrosivo, Nocivo		R 35, R 42, R 43

Fuente: Autores



**Tabla 3.7: Laboratorio de Fisicoquímico segunda planta y Absorción Atómica**

Parámetro	Peligrosidad	Pictograma	Frases R
<b>Ácido Sulhídrico</b>	-----	-----	
<b>Boro</b>	Corrosivo		R 35
<b>Cromo Hexavalente</b>	Irritante		R 41, R 36/38
<b>Cianuros</b>	Corrosivo		R 35
<b>Detergentes</b>	Toxico, Mutágenos categoría 1 ó 2, Cancerígeno categoría 1 ó 2		R 23/24/25, R 45 y R 46
<b>DQO</b>	Corrosivo		R 35
<b>Fenoles</b>	-----	-----	
<b>Fluoruros</b>	Corrosivo		R 34
<b>Fosfatos</b>	Corrosivo		R 35
<b>Fósforo total</b>	Corrosivo, Nocivo, Irritante		R 35, R41 y R36/37/38
<b>Nitratos</b>	Irritante, Cancerígeno de categoría 1 ó 2		R43 y R45
<b>Nitritos</b>	Corrosivo		R 35
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	-----	-----	
<b>NTK</b>	Corrosivo		R35
<b>Sílice</b>	Corrosivo		R35
<b>Sulfatos</b>	-----	-----	
<b>Sulfuros</b>	Cancerígenos categoría 1 ó 2, Mutágenos categoría 1 ó 2, Corrosivo		R35, R 46 y R 49
<b>Metales y sedimentos</b>	Corrosivo, Toxico		R35

Fuente: Autores

El proceso de cálculo para la obtención de los resultados presentados en la tabla anterior se detalla en un ejemplo del anexo 10.

### 3.1.3 Análisis de recuperación

A continuación se presentan tablas para detallar que reactivos se pueden ser recuperables provenientes de los análisis de las áreas de Fisicoquímico.

**Tabla 3.8: Laboratorio de Fisicoquímico primera planta**

Parámetro	Recuperación	Reactivo de interés
Aceites y Grasas	Recuperable	Éter de petróleo
Alcalinidad	No recuperable	-----
Calcio	No recuperable	-----
Cloruros	No recuperable	-----
Color aparente	No recuperable	-----
Conductividad	No recuperable	-----
Dureza	No recuperable	-----
DBO	No recuperable	-----
pH	No recuperable	-----
Sólidos sedimentales	No recuperable	-----
Turbidez	No recuperable	-----

Fuente: Autores

**Tabla 3.9 Laboratorio de Fisicoquímico segunda planta**

Parámetro	Recuperación	Reactivo de interés
Ácido Sulhídrico	No recuperable	-----
Boro	No recuperable	-----
Cromo Hexavalente	No recuperable	-----
Cianuros	No recuperable	-----
Detergentes	Recuperable	Benceno
DQO	No recuperable	-----
Fenoles	No recuperable	-----
Fluoruros	No recuperable	-----
Fosfatos	No recuperable	-----
Fósforo total	No recuperable	-----
Nitratos	No recuperable	-----
Nitritos	No recuperable	-----
Nitrógeno amoniacal	No recuperable	-----
NTK	No recuperable	-----
Sílice	No recuperable	-----
Sulfatos	No recuperable	-----
Sulfuros	No recuperable	-----

Fuente: Autores

### 3.1.4 Etiquetado de residuos

#### Etiqueta para residuos líquidos

Propuesta para el etiquetado de residuos temporales de los parámetros analizados dentro del laboratorio de calidad de aguas del MARN. Donde se tendrán que llenar los campos de fecha de envasado, área de laboratorio, el titular encargado su número de contacto y código el cual se basara si corresponde a residuos de análisis, a reactivos vencidos, o a desechos sólidos (otros factores en el código serán decisión de la institución).

Nombre y logo del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Nombre del residuo líquido: \_\_\_\_\_

Nombre de la sustancia

Área del laboratorio: \_\_\_\_\_

Código: \_\_\_\_\_

Titular: \_\_\_\_\_

Numero de contacto: \_\_\_\_\_

Medidas preventivas: \_\_\_\_\_

Fecha de envasado inicio y final: día/mes/año

Peligrosidad

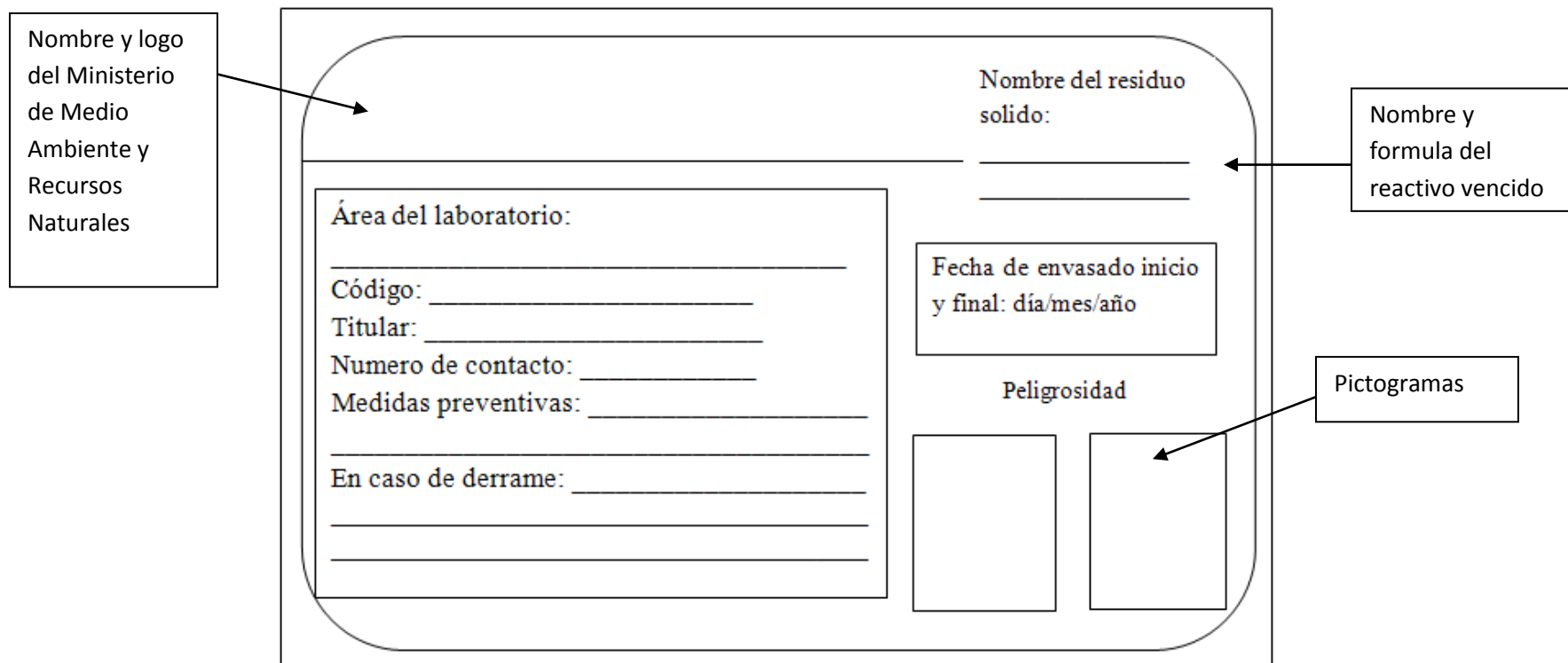
Pictogramas

En caso de derrame: \_\_\_\_\_

Figura 3.9: Etiqueta para residuos líquidos.

Fuente: Autores

**Etiqueta para residuos sólidos**



**Figura 3.10: Etiqueta para residuos sólidos**

Fuente: Autores


**Etiqueta para residuos vencidos**

The diagram shows a rectangular label with rounded corners. On the left side, there is a box containing the text: "Nombre y logo del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales". An arrow points from this box to the top-left corner of the label. The label itself is divided into several sections. At the top right, it says "Nombre del reactivo vencido:" followed by a blank line, and "Formula" followed by another blank line. An arrow points from a box labeled "Nombre del residuo solido" to the "Nombre del reactivo vencido:" field. Below this, there is a box for "Fecha de envasado inicio y final: día/mes/año". Underneath that is the word "Peligrosidad" above two empty rectangular boxes. An arrow points from a box labeled "Pictogramas" to these two boxes. At the bottom right, there is a blank line with an arrow pointing from a box labeled "Frases R y S". On the left side of the label, there is a large box titled "Área del laboratorio:" containing several fields: "Código:", "Titular:", "Numero de contacto:", "Medidas preventivas:", and "En caso de derrame:". Each of these fields has a horizontal line for text entry.

**Figura 3.11: Etiqueta para reactivos vencidos**

Fuente: Autores

**Modelo de etiqueta para residuos líquidos generados en el laboratorio de calidad de agua.**

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>			<b>Nombre del reactivo vencido:</b> metales pesados y sedimentos
<b>Área del laboratorio:</b> <u>Absorción atómica</u> <b>Código:</b> <u>XXXXXX</u> <b>Titular:</b> <u>XXXXXX</u> <b>Numero de contacto:</b> <u>XXXX-XXXX</u> <b>Medidas preventivas:</b> <u>Puede descomponerse al calentarse y producir vapores corrosivos y/o tóxicos.</u> <b>En caso de derrame:</b> <u>Derrames menores y residuos del bombeo pueden neutralizarse con cal o con una solución diluida de soda caústica (3-4%), o bien absorberse con sustancias no combustibles como arena, tierra seguido con una película de plástico para disminuirla expansión o el contacto con la lluvia.</u>		Fecha de envasado inicio y final: 30/01/2013 – 28/4/2013	
		Peligrosidad	
			

**Figura 3.12: modelo de etiqueta**

Fuente: Autores

Para desechos líquidos, sólidos y reactivos vencidos, de las etiquetas en las áreas de Análisis Físicoquímico primera planta, Análisis Físicoquímico segunda planta, Absorción Atómica y área de Bacteriología; se presenta un distintivo para cada área que es utilizada en el croquis de cada etiqueta.

**Tabla 3.10: distintivo para cada área dentro del laboratorio**

Aéreas del laboratorio	Distintivo de cada área
Análisis físicoquímico primera planta	
Análisis físicoquímico segunda planta	
Área de absorción atómica	
Área de bacteriología	

Fuente: autores

### **3.1.5 Acondicionamiento de las instalaciones de almacenamiento temporal.**

El almacenamiento temporal, es el periodo de tiempo transcurrido entre la generación del residuo, hasta su tratamiento y/o disposición final. Es parte de una etapa de la gestión de desechos. Es necesario acumular los residuos de laboratorio que se van generando hasta llegar a completar el volumen de trabajo que se requiere para iniciar el proceso de tratamiento. Estos residuos se recolectan en recipientes ya previamente seleccionados. Es recomendable que cada área de análisis de laboratorio de calidad de aguas, tenga una zona destinada para el almacenamiento temporal de los residuos. Esto facilitara el manejo y segregación de residuos en los recipientes (Ruiz, 2003).

El almacenamiento temporal debe de incluir una serie de condiciones necesarias para la disminución de riesgos y accidentes laborales. Estas condiciones deben generales en todas áreas de análisis del laboratorio de calidad de aguas. Las condiciones que debe de cumplir el área donde se almacenan son:

- Deben ser un espacio plano, que mantenga grado de inclinación de cero grados.
- Un lugar limpio que esté libre de contaminación, polvo y suciedad.
- El área debe que facilite el manejo de recipientes.
- Área fácil de limpiar
- Debe ser un área separada de los reactivos.
- Libre de humedad y contacto con agua.
- Temperatura estable.
- De preferencia que sea oscuro.
- Debe de contar con una correcta ventilación.
- El área debe estar libre de conexiones eléctricas.
- Poseer campa de extracción por si hay acumulación de vapores.
- Aislar los residuos muy peligrosos.
- Tener en cuenta la incompatibilidad de los residuos.

Se recomienda almacenar de forma temporal los residuos de laboratorio, en una de las gavetas seleccionadas en cada área de laboratorio. Esta gaveta debe estar señalizada y en revisión continua.

La acumulación de residuos químicos, genera un riesgo industrial. Al aumentar su cantidad el área se expone a condiciones de peligro que se desea evitar. La cantidad máxima de contenido está establecida en normas internacionales. Se recomienda que para líquidos con recipiente móvil no superar las siguientes cantidades, así como se muestra en la siguiente tabla.

<b>Tabla 3.11 : Cantidad de almacenamiento de recipientes móviles</b>		
<b>Clase</b>	<b>Metros cúbicos (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Litros (L)</b>
<b>Clase B (Temperatura menor 55°C)</b>	0.05	50
<b>Clase C (Temperatura entre 55° - 120°C)</b>	0.25	250
<b>Clase D (Temperaturas superiores a 120 °C)</b>	1	1000
<b>Fuente: Manual de higiene y seguridad ocupacional para el manejo de productos químicos en instalaciones industrial y bodegas</b>		

Cuando se almacenan líquidos de diferentes clases en una misma pila o estantería se considerará todo el conjunto como un líquido de la clase más restrictiva. Si el almacenamiento se realiza en pilas o estanterías separadas, la suma de los cocientes entre las cantidades almacenadas y las permitidas para cada clase no superará el valor de 1.

<b>Tabla 3.12: Cantidad y altura máxima establecidas para almacenamiento en estibas o estantes</b>			
<b>Clase</b>	<b>Máxima altura por pilas (m)</b>	<b>Máxima Cantidad por pila (kg)</b>	<b>Máxima Cantidad total (kg)</b>
<b>3.1</b>	1.5	2500	2500
<b>3.2</b>	1.5	5200	5200
<b>3.3</b>	3.0	15500	31000
<b>Fuente: Manual de higiene y seguridad ocupacional para el manejo de productos químicos en instalaciones industrial y bodegas</b>			



### 3.1.6 Análisis de envasado y segregación.

En el proceso de recolección de los residuos químicos, es necesario segregar los distintos desechos que se generan en el análisis de las muestras, esto con la idea de facilitar el tratamiento de los residuos químicos. Previo al envasado es necesario asegurar que el recipiente no cuente con perforaciones o fisuras, que contenga su tapadera y selle por completo el recipiente. Es recomendable verificar la limpieza del depósito poniendo mucha atención a la presencia de materiales no deseado en su interior. A continuación se presentan el análisis de envasado para las áreas de laboratorio que generan residuos químicos:

- **Área de Análisis Fisicoquímico primera planta.**

En esta área de laboratorio, la mayoría de los parámetros que se analizan requieren procedimientos gravimétricos. Por lo que la mayoría de operaciones son físicas. Los residuos de los parámetros que se tiene almacenar son los presentados en la tabla 2.4

La segregación de los residuos generados por los parámetros, se presenta de la siguiente manera en un cuadro resumen se describen a la información básica sobre el sistema de envasado propuesto:

- **Código:** Número de identificación del envase útil para inventario del mismo. Este código es único es específico para cada envase y sus duplicado.
- **Peligrosidad:** describe el tipo de riesgo que tiene el contenido del envase.
- **Componentes:** muestra todos los ingredientes que contiene del envase
- **Tipo de Envase:** describe el tipo de material que recomienda sea el recipiente donde se almacenara de forma temporal los residuos químicos.
- **Volumen de Envase:** es el volumen máximo que puede almacenar el recipiente.
- **Volumen mínimo para tratamiento:** muestra el volumen recomendado que se necesita almacenar para iniciar el proceso de tratamiento de los residuos que se tienen
- **Número de envases:** es el número de recipientes que recomienda tener disponibles para el almacenamiento temporal.
- **Frecuencia de llenado:** describe el número de veces que se puede llenar un recipiente en un año electivo.

A continuación en la tabla 3.13 y 3.14 se presentan la propuesta de envases de los parámetros agrupados para su almacenamiento temporal:

### Envase de Aceites y Grasas-Calcio-Dureza-Alcalinidad-BufferpH-conductividad

<i>Tabla 3.13: Descripción de Aceites y Grasas-Calcio-Dureza-Alcalinidad-BufferpH-conductividad</i>			
<b>Código</b>	FQ1-AGCaDuAl	<b>Tipo de Envase</b>	PET de alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Carburante, Tóxico, Irritante	<b>Volumen de envase</b>	5000 mL
<b>Componentes</b>	Varios	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	2000 mL
<b>Numero de envases</b>	2	<b>Frecuencia de llenado</b>	7
<b>Fuente: autores</b>			

### Envase de cloruros.

<i>Tabla 3.14 : Descripción de envase de Cloruro</i>			
<b>Código</b>	FQ1-Clo	<b>Tipo de Envase</b>	PET de alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Tóxico, Corrosivo, Carburante	<b>Volumen de envase</b>	2000 mL
<b>Componentes</b>	(Muestra + Cromato de Potasio + Nitrato de Plata + Cloruro de Sodio)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	1000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	3
<b>Fuente: Autores</b>			

- **Área de Análisis Físicoquímico segunda planta**

Los parámetros analizados en esta área de laboratorio involucran procesos físicoquímicos más complejos que lleva como resultados residuos químicos contaminantes. El proceso de tratamiento también es más complejo requiero un método preventivo y de segregación más personalizado. Los residuos de los parámetros que se tiene almacenar son los mostrados en la tabla 2.8:

La segregación de los residuos generados por los parámetros, se presenta de manera similar que en el área de físicoquímica primera planta, un cuadro resumen describen la información básica sobre el sistema de envasado propuesto:

- **Código:** Número de identificación del envase útil para inventario del mismo. Este código es único es específico para cada envase y sus duplicado.
- **Peligrosidad:** describe el tipo de riesgo que tiene el contenido del envase.
- **Componentes:** muestra todos los ingredientes que contiene del envase
- **Tipo de Envase:** describe el tipo de material que recomienda sea el recipiente donde se almacenara de forma temporal los residuos químicos.
- **Volumen de Envase:** es el volumen máximo que puede almacenar el recipiente.
- **Volumen mínimo para tratamiento:** muestra el volumen recomendado que se necesita almacenar para iniciar el proceso de tratamiento de los residuos que se tienen
- **Número de envases:** es el número de recipientes que recomienda tener disponibles para el almacenamiento temporal.
- **Frecuencia de llenado:** describe el número de veces que se puede llenar un recipiente en un año electivo.

A continuación en la tabla 3.15 hasta la tabla 3.25 se presentan la propuesta de envases de los parámetros agrupados para su almacenamiento temporal:

## Envase de Cianuros

<i>Tabla 3.15: Descripción de envase de Cianuros</i>			
<b>Código</b>	<b>FQ2-Ci</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>PET alta densidad</b>
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Tóxico, Peligro al M.A.	<b>Volumen de envase</b>	500 mL
<b>Componentes</b>	Muestra + Cianuro de potasio + Hidróxido de sodio + Agua + Cyaniver 3 + Cyaniver 4 + Cyaniver 5	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	400 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	8
<b>Fuente: Autores</b>			

## Envase de Boro

<i>Tabla 3.16: Descripción de envase de Boro</i>			
<b>Código</b>	<b>FQ2-Bo</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>PET alta densidad</b>
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Tóxico	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	(Ácido sulfúrico + BoroVer)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	N/D
<b>Numero de envases</b>	5	<b>Frecuencia de llenado</b>	1
<b>Fuente: Autores</b>			

## Envase de Nitratos y Nitritos

<i>Tabla 3.17: Descripción de envase de Nitritos y Nitratos</i>			
<b>Código</b>	<b>FQ2-Ni</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>PET alta densidad</b>
<b>Peligrosidad</b>	Tóxico, peligroso al ambiente, Nocivo	<b>Volumen de envase</b>	1000 mL
<b>Componentes</b>	(Muestra + NitraVer 5)( Muestra + NitriVer3)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	500 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	9
<b>Fuente: Autores</b>			

### Envase de Cromo Hexavalente

<i>Tabla 3.18: Descripción de envase de Cromo hexavalente</i>			
<b>Código</b>	FQ2-Cr6	<b>Tipo de envase</b>	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Nocivo, Tóxico, Peligro al M.A. Corrosivo	<b>Volumen de envase</b>	500 mL
<b>Componentes</b>	(Muestra + Cromaver 3)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	200 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	5
<b>Fuente: Autores</b>			

### Envase de Detergentes

<i>Tabla 3.19: Descripción de envase de Detergentes</i>			
<b>Código</b>	FQ2De	<b>Tipo de envase</b>	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Irritante, Inflamable, Tóxico	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	(muestra + Solución buffer de fosfatos + Almohadilla + Benceno)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	3000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	9
<b>Fuente: Autores</b>			

### Envase de Fluoruros

<i>Tabla 3.20: Descripción de envase de Fluoruros</i>			
<b>Código</b>	FQ2P-Flu	<b>Tipo de envase</b>	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Nocivo, Tóxico	<b>Volumen de envase</b>	1000 L
<b>Componentes</b>	( muestra Reactivo SPADNS)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	500 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	5
<b>Fuente: Autores</b>			

### Envase de Nitrógeno Amoniacal-NTK

**Tabla 3.21: Descripción de envase de nitrógeno amoniacal - NTK**

<b>Código</b>	<b>FQ2-NiNTK</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>PET alta densidad</b>
<b>Peligrosidad</b>	Tóxico, corrosivo, peligro al M.A. Nocivo, carburante	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	(muestra + Estabilizador mineral + Alcohol polivinílico + Reactivo nessler) (Ácido sulfúrico + Peróxido de hidrógeno + Indicador NTK + Alcohol polivinílico + Estabilizador mineral + Reactivo nessler)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	3000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	13
<b>Fuente: Autores</b>			

### Envase de Fenoles

**Tabla 3.22: Descripción de envase de Fenoles**

<b>Código</b>	<b>FQ2-Fe</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>P ET alta densidad</b>
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Nocivo, Toxico	<b>Volumen de envase</b>	1000 mL
<b>Componentes</b>	(Muestra + Solución estándar de fenol + Hidróxido de amonio + Solución tampón fosfato + Ferricianuro de potasio)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	500 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	4
<b>Fuente: Autores</b>			

## Envase de Sílice-Fosfato-Fosforo total

<i>Tabla 3.23: Descripción de envase de Sílice-Fosfato-Fosforo total</i>			
<b>Código</b>	FQ2-SiPO4PHo	<b>Tipo de envase</b>	PET de alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Toxico	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	(Muestra + Ácido sulfúrico + Molibdato de amonio + Acido oxálico + Metasilicato de sodio)( FosVer 3, Ácido ascórbico, Piro sulfato de potasio, Molibdato de sodio)( FosVer 3, Ácido ascórbico, Piro sulfato de potasio, Molibdato de sodio, Persulfato de potasio, digestión de fosforo total)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	3000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	5
<b>Fuente: Autores</b>			

## Envase Sulfato-Sulfuros

<i>Tabla 3.24: Descripción de envase de Sulfato-Sulfuros</i>			
<b>Código</b>	FQ2-SuSi	<b>Tipo de envase</b>	PET de alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Toxico	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	Muestra + SulfaVer 4 + Solución estándar de 100 mg/L de Sulfatos)( Muestra + Sulfide 1 + Sulfide 2)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	3000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	8
<b>Fuente: Autores</b>			

## Envase de DQO

**Tabla 3.25: Descripción de envase de DQO**

<b>Código</b>	<b>FQ2P-DQO</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>PET alta densidad</b>
<b>Peligrosidad</b>	Nocivo, Tóxico, Peligro al M.A. Corrosivo	<b>Volumen de envase</b>	5000 mL
<b>Componentes</b>	(Dicromato de potasio + Ácido sulfúrico conc. + Sulfato de mercurio + Sulfato de plata + Biftalato de potasio + Agua)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	1000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	5

**Fuente: Autores**

- **Área Absorción Atómica**

En el área de Absorción Atómica el proceso de almacenamiento es distinto. El equipo instrumental utilizado para analizar las muestras deposita todos residuos químicos en un solo contenedor. Debido a esto el tratamiento se tiene que ser de forma generalizada y el almacenamiento igual. Los parámetros analizados en esta área son los presentados en la tabla 2.11.

La segregación de los residuos generados por los parámetros, se presenta de manera similar que en el área de Físicoquímico primera planta, un cuadro resumen que describe a la información básica sobre el sistema de envasado propuesto:

- **Código:** Número de identificación del envase útil para inventario del mismo. Este código es único es específico para cada envase y su duplicado.
- **Peligrosidad:** describe el tipo de riesgo que tiene el contenido del envase.
- **Componentes:** muestra todos los ingredientes que contiene del envase
- **Tipo de Envase:** describe el tipo de material que recomienda sea el recipiente donde se almacenara de forma temporal los residuos químicos.
- **Volumen de Envase:** es el volumen máximo que puede almacenar el recipiente.



- **Volumen mínimo para tratamiento:** muestra el volumen recomendado que se necesita almacenar para iniciar el proceso de tratamiento de los residuos que se tienen
- **Número de envases:** es el número de recipientes que recomienda tener disponibles para el almacenamiento temporal.
- **Frecuencia de llenado:** describe el número de veces que se puede llenar un recipiente en un año electivo.

A continuación se presenta la propuesta de envasado

<b>Tabla 3.26 : Descripción de envase de Absorción atómica</b>			
<b>Código</b>	<b>AA-Re</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>PET alta densidad</b>
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Toxico	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	Mezcla de metales	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	3000 mL
<b>Numero de envases</b>	3	<b>Frecuencia de llenado</b>	8
<b>Fuente: Autores</b>			

### 3.1.6.1 Ficha para el control de residuos generados dentro del Laboratorio de Calidad de Aguas.

A continuación se presenta la propuesta de ficha para el control de residuos generados dentro del Laboratorio de Calidad de Agua:

**Tabla 3.27: Ficha para control de residuos.**

FICHA PARA EL CONTROL DE RESIDUOS GENERADOS DENTRO DEL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA			
Nombre, dirección y logo de la institución:			
Área del laboratorio de calidad de agua:		Nombre del residuo (liquido o solido) / reactivo vencido:	
Código de identificación del residuo:			
Fechas de generación y de tratamiento			
Fecha de generación del residuo:	Día/mes/año	Fecha de tratamiento aplicado al residuo:	Día/mes/año
Datos del titular			
Nombre del encargado:		Número de contacto:	____-____
Datos sobre el residuo			
Volumen generado:		Tipo de recipiente utilizado para contenerlo:	
Pictograma:		Frases R y S:	Peligrosidad:
Seguridad			
Protección personal obligatoria:		Actuación en caso de derrame:	
Observaciones:			

Fuente: Autores

### **3.1.7 Manejo y manipulación de residuos**

El traslado de los residuos químicos es una actividad riesgosa, utilizar los procedimientos adecuados y contar con el equipo correcto de protección personal puede facilitar el éxito de la operación de manejo. El movimiento interno de los contenedores y el cambio de recipiente de los mismos son operaciones comunes que se llevan a cabo en el almacenamiento temporal de residuos. Para cada proceso la persona encargada de hacer la operación debe estar capacitada y tener la experiencia mínima en manejo de sustancias peligrosas. Algunas cosas que deben de conocer la sustancia que transporta es:

- Peso del recipiente
- Temperatura
- Contenido del recipiente
- Toxicidad
- Propiedades químicas y físicas de la sustancia
- Medidas en caso de emergencia.

Al manipular los residuos de laboratorio de deben de tener las siguientes consideraciones:

- No oler directamente
- Asegurar la existencia de una buena ventilación
- No probar los reactivos
- No tocarlos directamente.

#### **Equipo de protección personal.**

Al manejar y manipular los residuos de laboratorio, es necesario contar con equipo de protección personal mínimo.

#### **Lentes de protección**

Para proteger los ojos y la cara se utilizan lentes simples, lentes con montura integral, pantallas faciales y elementos parecidos que impidan la penetración de partículas y cuerpos

extraños, compuestos químicos corrosivos, humos, etc. Con frecuencia es necesario proteger toda la cara frente a las radiaciones o los peligros de naturaleza mecánica, térmica o química.



**Figura 3.13: Lentes de protección personal**

Fuente: <http://www.indiamart.com/anuj-enterprises/safety-equipments.html>

## **Respiradores**

Los equipos de protección respiratoria se clasifican en función del tipo de cobertura que proporcionan al aparato respiratorio (cobertura de entradas) y del mecanismo mediante el cual protegen al usuario del contaminante o de la deficiencia de oxígeno. Estos mecanismos son la purificación o el suministro de aire.



**Figura 3.14: Respirador con filtro básico**

Fuente: <http://www.generalsafety.com.sv>

## Protección para manos

Las extremidades superiores son la parte del cuerpo que se ven más expuestas con mayor frecuencia al riesgo de lesiones, como consecuencia de su activa participación en los procesos de producción y, muy especialmente, en los puntos de operación. Los riesgos de manejo de sustancias químicas como quemaduras y lesiones son las principales accidentes que suceden el manejo y manipulación de sustancias



*Figura 3.15: Equipo de protección de manos*

Fuente: <http://www.indiamart.com/anuj-enterprises/safety-equipments.html>

## Protección de cuerpo

Existen varias categorías generales de riesgos para el cuerpo de los que es posible protegerse con ropa especializada; estas categorías comprenden los riesgos de naturaleza química, física y biológica.

La ropa protectora es un medio de control utilizado habitualmente para reducir la exposición del trabajador a compuestos químicos potencialmente tóxicos o peligrosos cuando no es posible aplicar otros métodos de control. Muchos compuestos químicos son peligrosos por más de un motivo (el benceno, por ejemplo, es tóxico e inflamable). En el caso de los compuestos químicos hay que prestar atención al menos a tres aspectos decisivos:

1. El efecto potencialmente tóxico de la exposición.
2. Las vías de entrada probables.

### 3. El riesgo asociado con la actividad a realizar



**Figura 3.16: Equipo de protección de cuerpo**

Fuente: <http://www.indiamart.com/anuj-enterprises/safety-equipments.html>

### **Calzado protector.**

El calzado de seguridad debe proteger el pie de los trabajadores contra humedad y sustancias calientes, contra superficies ásperas, contra pisadas sobre objetos filosos y agudos y contra caída de objetos, así mismo debe proteger contra los riesgos eléctricos o térmicos.



**Figura 3.17: Calzado protector de pies**

Fuente: <http://www.generalsafety.com.sv>

### **3.1.8 Propuesta del diseño de un almacén para residuos generados dentro del laboratorio.**

La bodega está destinada al almacenamiento de los residuos generados dentro del laboratorio pero también los desechos luego de su tratamiento como disposición, donde permanecerá hasta que sea llevada a un sitio autorizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para su adecuada disposición final.

Para el diseño de un almacén para residuos y desechos, se debe de tomar en cuenta aspectos como la sobre presión, concentración de vapores tóxicos, derrames, efectos al medio ambiente, entre otros. A continuación se presentan algunos puntos a tomar en cuenta para su diseño.

- a. Debe ser área restringida.
- b. Los estantes de almacenamiento deben estar juntos uno al lado del otro.
- c. El muro contra fuego debe ser 0.5m más alto que la cubierta del techo más alto, y 0.2 m más hacia delante de los techos saledizos.
- d. Ventilación natural o forzada adecuada para que no exista acumulación de gases, la renovación de aire debe ser al menos 12 cambios por hora.
- e. Iluminación adecuada
- f. Control de temperatura en un rango de 20-27 °C
- g. Se debe de contar con sistema de control de derrames, el cual debe contar con, un sistema de tuberías para drenaje de agua, además de contar con materiales absorbentes o bandejas de contención para los residuos y desechos, con el fin de neutralizar el área y evitar contaminación a otras áreas.
- h. El material de los estantes debe de ser, no absorbente, liso y lavable.
- i. El área debe ser cerrada en su perímetro por muros o paredes sólidas, que puedan resistir condiciones de humedad, calor, explosiones, piso solido liso, impermeable.
- j. Deben existir paredes divisorias para sustancias incompatibles.
- k. Sistema manual de extinción de incendio.
- l. Instalación eléctrica reglamentaria.
- m. Salidas de emergencia.
- n. Solo se puede almacenar hasta 10 Ton de sustancias inflamables.
- o. Se puede almacenar hasta un total de 2500 Ton de sustancias peligrosas varias.
- p. Salidas de emergencia.

## Condiciones de almacenamiento

- Contar con un control de residuos y desechos.
- Toda sustancia almacenada debe estar debidamente identificada.
- No se puede fumar.
- Disposición de hojas de seguridad de reactivos almacenados.
- Capacitación al personal sobre seguridad industrial cada 3 años.
- Señalización de sustancias almacenadas
- Existencia de lavajos, duchas, señalización peatonal, señalizaciones correspondientes a seguridad industrial.
- Almacenamiento ordenado, en pallets o estantes que no obstruyan las vías de absceso o salida.
- Se debe contar con plan de emergencia.

## Diseño

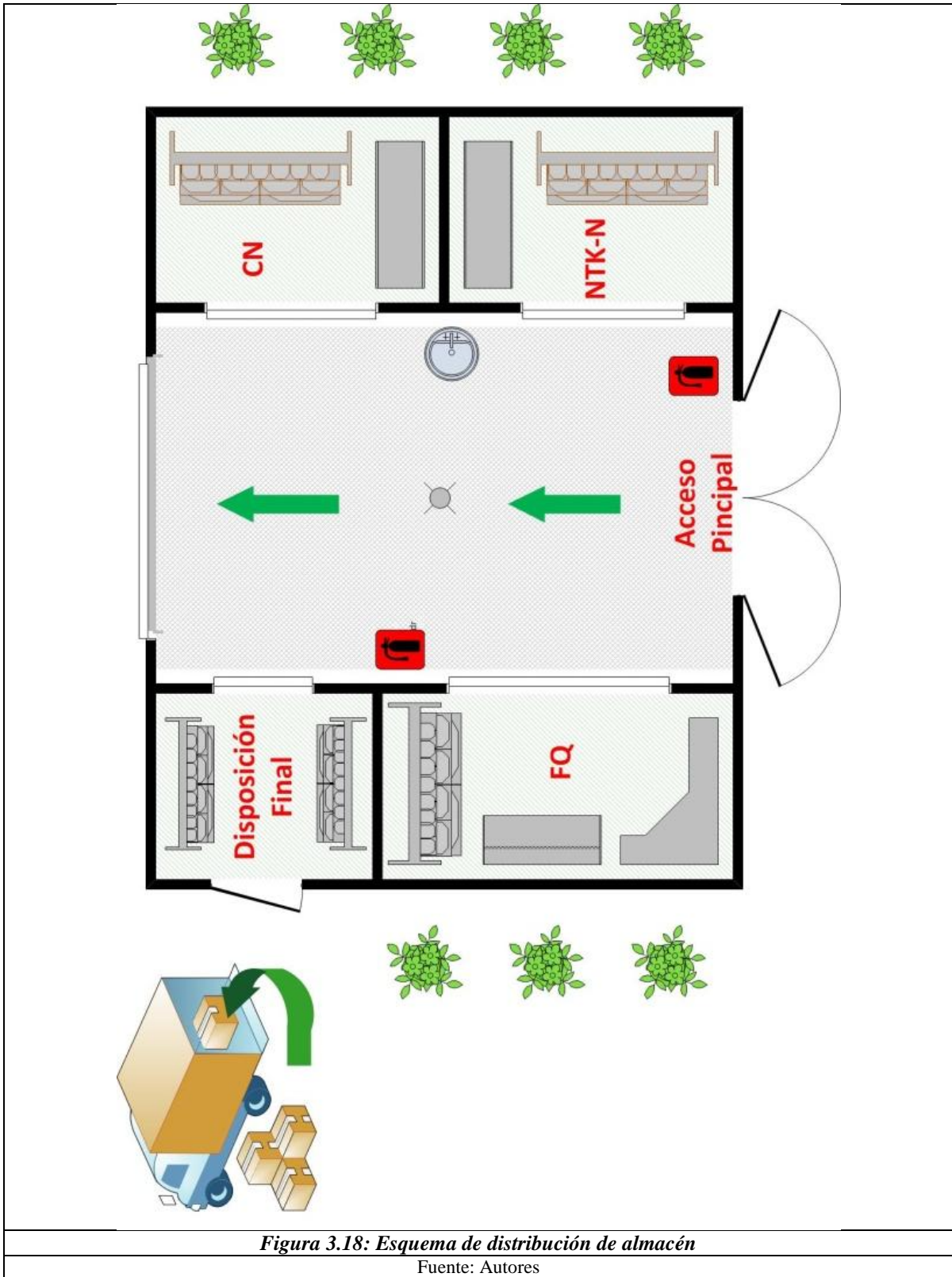
- A continuación se detallan especificaciones para el diseño de una bodega
- Distancias de sustancias a muros: 0.5 m excepto en bodegas de 40 m<sup>2</sup> o menos.
- Ancho de pasillos 2.4 m señalizados con líneas amarillas.
- Ancho entre pasillos y pilas 1.2 m señalizados con líneas amarillas.
- Separación de sustancias incompatibles de 2.4 m entre ellas.
- Paredes con aislamiento de fuego R-120 (capacidad de un elemento constructivo de soportar durante un periodo de tiempo y sin pérdida de estabilidad estructural, la exposición al fuego en una o más caras, bajo acciones mecánicas definidas)
- Cubierta de techo liviano RF<30

*Tabla 3.28 : Máximo de altura, ancho y largo de pilas de residuos o desechos.*

Tipo de envase	Sobre piso			En pallets		En racks	
	Altura (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Largo y ancho (m)	Altura (m)	Largo y ancho (m)
<b>Sacos y cajas</b>	2	6	8	3	Según puertas de escape	8	Según puertas de escape
<b>maxisacos</b>	3	6	8	-	-	8	Según puertas de escape
<b>Tambores o contenedores</b>	1	6	8	4	Según puertas de escape	8	Según puertas de escape

Fuente: Manual de almacenamiento seguro de sustancias peligrosas. Departamento acción sanitaria subdpto. Prevención de riesgos y salud laboral. Bogotá. Colombia





**Figura 3.18: Esquema de distribución de almacén**

Fuente: Autores

## **3.2 Plan de riesgo y accidentes.**

### **3.2.1 Riesgo asociado a los residuos peligrosos. (Martínez, Septiembre 2005)**

Los residuos peligrosos pueden estar constituidos por uno o varios componentes con distintos grados de peligrosidad. El peligro refiere a toda propiedad inherente o intrínseca del componente que le confiere la capacidad de provocar daños o pérdidas y en particular de causar efectos adversos en los ecosistemas o la salud humana.

Los componentes peligrosos presentes en los residuos pueden ser agentes biológicos, productos químicos o elementos físicos. El grado de peligrosidad de un residuo va a depender de factores tales como la agresividad de los organismos infecciosos, la toxicidad de las sustancias químicas, la Corrosividad, reactividad, inflamabilidad, capacidad de producir explosión de los componentes o la forma de los objetos presentes.

Para que se manifiesten efectos adversos sobre los ecosistemas o la salud, no alcanza con la presencia del material peligroso sino que debe existir exposición, esto es que los individuos de una determinada especie deben tener contacto con el material peligroso.

El riesgo asociado a un residuo peligroso se refiere a la probabilidad de que se produzcan efectos adversos en la salud humana, el ecosistema, los compartimientos ambientales o los bienes, en función de la exposición directa a dichos residuos o a la contaminación generada por las actividades de manejo de los mismos. Por lo tanto el nivel de riesgo será una función de la peligrosidad del residuo y del tipo, magnitud y duración de la exposición.

$$\mathbf{Riesgo = f(peligro, exposicion) \text{ Ecuación 3-1}}$$

De lo anterior surge claramente que el riesgo puede ser gestionado a efecto de minimizarlo, mientras que el peligro será intrínseco al residuo y sólo se podrá modificar sometiendo al residuo a procesos de transformación.

La gestión de residuos peligrosos requiere el conocimiento y la evaluación de los efectos perjudiciales que estos pueden representar para la salud del trabajador, la población, el medio ambiente y los bienes, de forma que las operaciones de manejo estén orientadas a prevenir o reducir dichos efectos.

### **3.2.2 Evaluación de riesgo.**

La evaluación de riesgo es un proceso sistemático para estimar la magnitud y probabilidad de ocurrencia de efectos adversos derivados de los residuos peligrosos.

Los riesgos asociados a los residuos peligrosos pueden estar presentes en cualquiera de las etapas de su manejo: generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final. El objetivo de la evaluación de riesgo es proporcionar una estimación cuantitativa o cualitativa de los riesgos asociados a una determinada situación, a efectos de ayudar a la toma de decisiones sobre la aceptabilidad del riesgo y a establecer las medidas a adoptar para su prevención y minimización, aspecto que se denomina "gestión del riesgo".

Desde el punto de vista del receptor de los posibles efectos adversos, los riesgos asociados al manejo de residuos peligrosos se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- Riesgo para la salud humana incluida la salud del trabajador.
- Riesgo para el Laboratorio
- Riesgo de afectación de compartimientos ambientales (agua, aire, suelo)
- Riesgos para los bienes, incluyendo entre otros riesgo de incendio y explosión, de degradación química de los cimientos y estructuras, de desvalorización de la propiedad y de afectación de explotaciones productivas.

En general se debe tener en cuenta que la evaluación de riesgo es un proceso complejo que involucra un trabajo multidisciplinario y que está sujeto a un grado de incertidumbre que en algunos casos puede ser muy importante. En función del tipo riesgos se han desarrollado diferentes metodologías para su evaluación, el alcance de este documento se limita a los aspectos básicos relacionados a los riesgos para la salud y el ecosistema.

La estimación de la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos al receptor del riesgo, en las condiciones particulares de cada etapa de manejo de los residuos, integra los denominados análisis de peligrosidad y análisis de exposición.



**Figura 3.19 Evaluación de Riesgo**  
Fuente: Guía para la gestión integral de residuos peligrosos

Como se representa en la siguiente figura, la exposición a los residuos peligrosos o a los contaminantes derivados de los mismos puede ser directa o indirecta. La primera corresponde al contacto directo con los residuos, mientras que la indirecta se da cuando existe contacto con un medio que ha sufrido contaminación derivada de los mismos.



**Figura 3.20 Tipos de Riesgos**  
Fuente: Guía para la gestión integral de residuos peligrosos

Para el caso de la exposición directa la población más vulnerable estará constituida principalmente por los trabajadores afectados a las distintas etapas de manejo, quienes tendrán la frecuencia de exposición más alta.

Para el caso de la exposición directa la población más vulnerable estará constituida principalmente por los trabajadores afectados a las distintas etapas de manejo, quienes tendrán la frecuencia de exposición más alta.

La contaminación de los medios estará condicionada por las propiedades intrínsecas del contaminante, por las características de la fuente que determinarán las vías de liberación de contaminantes al medio, el proceso de transporte de contaminantes en los medios y las interrelaciones que existen entre ellos.

### **3.2.3 Análisis de peligrosidad**

El análisis de la peligrosidad involucra conocer los constituyentes principales que le confieren la peligrosidad al residuo, así como otros contaminantes potenciales que se puedan generar como resultado de las transformaciones del residuo (como ejemplo, dioxinas y furanos en el caso de la incineración) y el peligro que estos constituyentes y contaminantes presentan para la salud y el ecosistema.

Dicho análisis requiere entre otras cosas el estudio de las características de toxicidad de los contaminantes, las características y efectos de los agentes infecciosos y las características de inflamabilidad, reactividad o Corrosividad del residuo.

Se debe tener en cuenta que la toxicidad de una sustancia surge como resultado de un proceso de evaluación cuantitativa de la información toxicológica donde se estudian las relaciones entre las dosis de un contaminante determinado y la respuesta de una población expuesta. Los valores de toxicidad son generados por la comunidad científica y se desarrollan para humanos y para distintas especies sensibles del ecosistema.

Cuando analizamos los datos de toxicidad de un contaminante debemos tener claro los siguientes aspectos:

- La población a la que se refiere el análisis
- Los tipos de efectos que causa el contaminante sobre la población
- Las vías de exposición (ingestión, inhalación, contacto cutáneo)

- La duración de exposición ( crónica, aguda)

La toxicidad aguda evalúa los efectos ante una exposición de corto plazo mientras que la toxicidad crónica lo hace para una exposición de un organismo a una determinada sustancia por un período prolongado respecto a su tiempo de vida. Se debe tener en cuenta además que los efectos de las sustancias químicas sobre los organismos vivos pueden ser diferentes dependiendo del tipo de exposición (crónica o aguda) y que algunas sustancias pueden presentar toxicidad aguda pero no crónica y viceversa.

Los datos de toxicidad aguda más frecuentemente reportados se encuentran referidos a investigaciones donde se estudia la dosis letal para la mitad de una población de un determinado organismo, expuesto oralmente a una determinada sustancia por un período breve de tiempo. Se expresa como LD50 mg/kg y estará referida a la especie en que se realizó el ensayo.

#### **3.2.4 Análisis de exposición**

El análisis de exposición se realiza con el objetivo de estimar el tipo y la magnitud de la exposición a la que estarán sujetos los receptores del riesgo. Este análisis debe dar como resultado la estimación de la exposición actual o prevista para el receptor y la concentración real o potencial del contaminante en los distintos medios sujetos a la contaminación por la fuente. El análisis de exposición debe incluir tanto la exposición por la operación normal como por las posibles contingencias.

En este análisis se procederá a realizar la evaluación de la fuente, entendiendo por fuente a toda aquella operación de manejo de residuos sujeto a la evaluación de riesgo o un sitio contaminado por estos. La evaluación de las operaciones de manejo de residuos tendrá en cuenta la tecnología utilizada, así como las medidas de mitigación y seguridad que tenga incorporadas.

El análisis de exposición incluye la identificación y caracterización de poblaciones expuestas, en particular de aquellas más sensibles, el estudio de los medios por los cuales se

transportan los contaminantes, la evaluación del comportamiento de los contaminantes una vez liberados al medio, las rutas de exposición, duración y frecuencia de la exposición.

Las poblaciones exhibidas (humanas o del ecosistema) serán aquellas que están expuestas directamente a los residuos o las que están expuestas en forma indirecta como resultado de la liberación y el transporte de contaminantes en el medio desde la fuente.

Para el análisis de exposición indirecta es necesario tener en cuenta factores relacionados con el medio físico donde está implantada la actividad y el uso del suelo en el área de influencia incluyendo, usos actuales y futuros. En este caso la identificación y análisis de las rutas de exposición involucra el relacionamiento de la fuente, la localización y el tipo de liberación al medio del contaminante a efectos de determinar las principales rutas de exposición que serán evaluadas.

Para evaluar la exposición será necesario entonces conocer los siguientes aspectos:

- Fuentes y mecanismos de liberación del contaminante al medio
- Transporte de contaminantes en el medio y/o acumulación
- Punto de contacto de la población al contaminante o punto de exposición
- Vías de exposición en el punto de contacto

La estimación de la exposición cuantificará la magnitud, frecuencia y duración de la exposición para las diferentes poblaciones y rutas de exposición seleccionadas como claves. Esta estimación es sumamente compleja por todos los aspectos que tiene involucrado.

La dosis de exposición representa la exposición normalizada para el tiempo y peso corporal, expresada en masa de contaminante por unidad de peso corporal y por unidad de tiempo (mg/kg. Día). La forma de cálculo es la siguiente:

$$Dosis \frac{mg}{kg} \cdot d = \frac{Ci \cdot Ti \cdot Fe}{Pc} \quad \text{Ecuación 3-2}$$

Ci: concentración del contaminante en el medio ambiental seleccionado (por ejemplo mg/l en agua)

Ti: ingesta media diaria (por ejemplo 2 l/d de agua para adultos)

Pc: Peso corporal medio del individuo (por ejemplo 70 kg para adultos)

FE: Factor de exposición que incluye datos de biodisponibilidad, absorción y la frecuencia y duración de la exposición.

### **3.2.5 Plan de emergencia del Laboratorio de Calidad de Aguas del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (Panreac, 2007)**

El laboratorio de calidad de agua debe de tener un plan de emergencia en caso de accidentes este debe de incluir:

- Coordinación y organización de:
  - Equipo de primera coordinación
  - Equipo de segunda coordinación
  - Equipo de primeros auxilios
  - Jefe de emergencia
  - Personal encargado de activar las alarmas
- Acciones a seguir en cada tipo de emergencias.
- Identificación y situación de los elementos de emergencia existentes
- Calendario de simulacros

Se debe tener en un lugar bien visible toda la información necesaria para la actuación en caso de emergencia (incendio, accidente): cómo actuar, a quien avisar, números de teléfono internos (equipos de primera y segunda intervención, equipo de primeros auxilios...), y externos (ambulancias, bomberos, mutua, ayuntamiento, taxis...), direcciones y otros datos que pudieran ser útiles en caso de emergencia.

#### **Plan de acción en caso de incendio. (Panreac, 2007)**

Medidas que deben adoptarse en el laboratorio para hacer frente a este riesgo: alarmas, sistemas contraincendios automáticos, elementos de primera intervención (extintores, mantas ignífugas, duchas de emergencia, mangueras), procedimientos de trabajo, instalaciones adecuadas, salidas de emergencia adecuadas, etc.



Como norma general, en caso de evacuación, deben cerrarse las puertas. Nunca una persona sola debe hacer frente a un incendio.

La persona que descubre el fuego, debe ponerse a salvo, y lo que debe hacer en primer lugar es avisar. Cuando se avisa se debe decir quién llama, qué ha ocurrido y dónde ha ocurrido. A continuación, si está capacitada para actuar y no pone en peligro su integridad física, puede hacer frente al incendio con los medios de extinción más adecuados.

En el laboratorio deben haber extintores portátiles adecuados a los tipos de fuegos posibles y que resulten accesibles (deben estar cerca de los puestos de trabajo). No deben colocarse objetos que puedan obstruir su acceso.

Extintor de polvo: Suele ser útil para fuegos de tipo A (sólidos), B (líquidos) y C (gases). Tiene un buen alcance (permite apagar el fuego a una distancia entre 2 y 7 metros). Deja mucho residuo (por lo que los equipos suelen quedar inservibles después de ser rociados con estos extintores).

- Extintor de CO<sub>2</sub>: No deja residuos. Debe utilizarse para eléctricos y equipos de elevado coste. Riesgo de quemaduras por frío durante su uso. Su alcance es más limitado que el extintor de polvo (no permite apagar el fuego desde una distancia lejana) apagar fuegos en conductores
- Extintor especial para metales: Para fuegos de tipo D producidos por metales que liberan Hidrógeno (gas) que es explosivo (por ejemplo: Sodio metal). En estos casos NUNCA se debe utilizar agua.
- Mantas ignífugas: útiles para el control de pequeños incendios y para tapar a personas que se hayan incendiado.
- Duchas de seguridad: personas, si no tienen que desplazarse apenas, ya que si una persona que se ha incendiado corre, la situación empeora debido al aporte de aire.

Mangueras/ bocas de incendio equipadas: El agua es un medio de extinción eficaz por sus propiedades físico-químicas (absorbe grandes cantidades de calor, un litro de agua en estado líquido equivale a 1.7 metros cúbicos de vapor de agua). El agua no es

recomendable para disolventes inflamables (para ser efectiva debe mezclarse con agentes espumógenos).

El personal debe estar familiarizado con estos elementos. Debe haber recibido formación teórica y práctica acerca de su funcionamiento.

**Tabla 3.29. Clasificación de los fuegos y su relación con los extinguidores**

Clase	Combustible	Agua chorro	Agua Pulverizada	Espuma	CO <sub>2</sub>	Polvo BC	Polvo ABC
<b>A</b> (Materiales combustibles sólidos)	Sólido	Bien	Bien	Bien	Bien	Mal	Bien
<b>B</b> (Líquidos y sólidos inflamables)	Líquido	Mal	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
<b>C</b> (Gases inflamables)	Gaseoso	Mal	Bien	Mal	Bien	Bien	Bien
<b>D</b> (Metales alcalinos, alcalino-térreos)	Metales	Mal	Mal	Mal	Mal	Mal	Mal

**Fuente: Manual de seguridad en laboratorios químicos**

En caso de incendio es necesario llamar a las autorizadas correspondientes, los números telefónicos para contactarlos son los siguientes:

**Tabla 3.30 : Números telefónicos en caso de Incendio**

Institución	Número Telefónico
<b>Emergencias General</b>	911
<b>Cuerpo de Bomberos</b>	913/2243-2054/2221-2163
<b>Cruz Roja de El Salvador</b>	2222-5155

**Fuente: Autores**

### **Plan de acción en caso de accidentes.** (Panreac, 2007)

Al igual que en el caso de incendio, lo más importante es protegerse a uno mismo, a continuación se ha de avisar y si es posible se puede intervenir. Al informar del accidente se ha de decir quien llama, qué ha pasado y dónde ha pasado, explicando el tipo de accidente, número y estado actual de las víctimas. Nunca trate de administrar líquidos, ni de provocar el vómito a un paciente inconsciente.

Medidas a tomar ante:

#### Inhalación

- Respirar aire fresco.
- En caso necesario, aplicar respiración asistida (para algunos productos, como el ácido cianhídrico, el socorrista deberá auto protegerse).
- En caso necesario, aplicar oxígeno.

#### Salpicaduras en ojos/piel

- Lavarse con agua durante 15 minutos.
- Usar ducha de seguridad/lavaojos de emergencia.
- Quitarse la ropa y objetos salpicados.
- No neutralizar.
- Acudir al médico de inmediato y mostrarle la etiqueta y/o la ficha de datos de seguridad del producto.

#### Quemaduras térmicas

- Lavar abundantemente con agua fría para enfriar la zona quemada.
- No quitar la ropa pegada a la piel.
- Tapar la parte quemada con ropa limpia.
- Acudir al médico de inmediato.
- No aplicar pomadas, ni grasa, ni desinfectantes

- No dar bebidas ni alimentos.
- No dejar solo al accidentado

#### Intoxicación digestiva

- Acudir al médico de inmediato y mostrarle la etiqueta/ficha de datos de seguridad.
- No provocar el vómito ni dar de beber nada si el accidentado presenta convulsiones o está inconsciente.
- No provocar el vómito si el producto es corrosivo o inflamable.
- En general, dar a beber abundante agua.

#### En caso de indigestión:

- Tóxico, irritante, nocivo: Beber abundante agua y provocar el vómito.
- Corrosivos, inflamable: Beber abundante agua y evitar el vómito.
- Otros: beber abundante agua y provocar el vómito.

A continuación se muestra el cuadro de antídotos específicos para las distintas indicaciones, el tiempo máximo de aplicación de la misma se presenta de la siguiente manera:

A: deberán estar disponibles inmediatamente (en un plazo de 30 minutos)

B: deberán estar disponibles en un plazo de dos horas.

C: deberán estar disponibles en un plazo de seis horas.

## Antídotos específicos

<i>Tabla 3.31. Antídoto específicos</i>		
<b>Antídoto</b>	<b>Indicación principal</b>	<b>Tiempo de aplicación</b>
<b>Acetilcisteína</b>	Paracetamol	B
	Tetracloruro de carbono	B
<b>Nitrito de amilo</b>	Cianuros	A
<b>Sueros antiveneno y antitoxinas</b>		A-C
<b>Atropina</b>	Síndrome colinérgico	A
<b>Bencilpenicilina</b>	Amanitinas	B
<b>Gluconato de calcio</b>	Ácido Fluorhídrico	A
	Fluoruros	A
	Oxalatos	A
<b>Etilendiamino-tetraacetato cálcico Ca Na<sub>2</sub> (EDTA)</b>	Plomo	B
<b>Dantroleno</b>	Hipertermia maligna	A
	Síndrome neuroléptico maligno	A
<b>Deferoxamina</b>	Hierro	B
	Aluminio	B
<b>Diazepán</b>	Convulsiones	A
	Cloroquina	A
<b>Tetracemato dicobáltico</b>	Cianuros	A
<b>Anticuerpos antidigitálicos (Fab)</b>	Digoxina	A
	Digitoxina	A
	Digitalina	A

Fuente: Manual de seguridad en laboratorios químicos

**Tabla 3.31. Antídoto específicos (continuación)**

<b>Antídoto</b>	<b>Indicación principal</b>	<b>Tiempo de aplicación</b>
<b>Dimercaprol (Dimercapto-propanol-BAL)</b>	Arsénico	B
	Oro, mercurio inorgánico	B
	Encefalopatía saturnina	B
<b>4-Dimetilaminofenol (4-DMAP)</b>	Cianuros	A
<b>Difenhidramina (Dimenhidrinato)</b>	Distonías provocadas por medicamentos	A
<b>Etanol</b>	Metanol	A
	Etilenglicol	A
<b>Etibenzatropina</b>	Distonías provocadas por medicamentos	A
<b>Flumazenil</b>	Benzodiazepinas	B
<b>Ácido fólico</b>	Antagonistas del ácido fólico	A
<b>Glucagón</b>	Beta bloqueadores	A
<b>Hidroxocobalamina (vit. B12 a)</b>	Cianuros	A
<b>Metionina</b>	Paracetamol	B
<b>4-Metilpirazol</b>	Etilenglicol	A
	Metanol	A
<b>Cloruro de tetrametiltionina (azul de metileno)</b>	Metahemoglobinemia	A
<b>N-acetilpenicilamina</b>	Mercurio (orgánico y metálico)	C
<b>Naloxone</b>	Opiáceos	A
<b>Neostigmina</b>	Parálisis neuromuscular (tipo curare)	A
	Intoxicación por anticolinérgico periférico	A
<b>Oximas</b>	Insecticidas organofosforados	B

Fuente: Manual de seguridad en laboratorios químicos. Barcelona, España

<b>Tabla 3.31. Antídoto específicos (continuación)</b>		
<b>Antídoto</b>	<b>Indicación principal</b>	<b>Tiempo de aplicación</b>
<b>Oxígeno</b>	Monóxido de carbono	A
	Cianuros	A
	Ácido Sulfhídrico	A
<b>Oxígeno hiperbáricos</b>	Monóxido de carbono	C
	Cianuros	C
	Ácido Sulfhídrico	C
<b>D-penicilamina (dimetilcisteína)</b>	Oro, plomo, mercurio	C
	Zinc (elemento)	C
<b>Ácido dietilentriamin-pentacético (DTPA)</b>	Plutonio, actínidos	A
<b>Fentolamina</b>	Intoxicación por estimulantes alfa	A
<b>Eserina (fisostigmina)</b>	Síndrome anticolinérgico central provocado por la antropina y sus derivados	A
	otros medicamentos	A
<b>Fitomenadiona (vit. K1)</b>	Anticoagulantes cumarínicos e indanodiona	B
<b>Ferricianuro férrico (azul de Prusia)</b>	Talio	B
<b>Prenalterol</b>	Betabloqueadores	A
<b>Sulfato de protamina</b>	Heparina	A
<b>Piridoxina (vit. B6)</b>	Isoniacida	A
	Crimidina	B
	Giromitrín	B
	Hidracinas	B
<b>Antídoto</b>	<b>Indicación principal</b>	<b>Tiempo de aplicación</b>
<b>Silibinina</b>	Amanitinas	B
<b>Nitrito de Sodio</b>	Cianuros	A
<b>Tiosulfato de Sodio</b>	Cianuros	A
<b>Succímero (DMSA) ácido mesodimercapto-succínico)</b>	Plomo	B
	Mercurio (inorgánico y orgánico)	B
	Arsénico	B
<b>Tolonio (azul de toluidina)</b>	Metahemoglobinemia	A
<b>Trientina (trietilentetramina)</b>	Cobre	B
<b>Unitol (DMPS) (ácido 2,3-dimercapto-1-propanoulfónico)</b>	Mercurio (metálico e inorgánico)	B
	Plomo	B

Fuente: Manual de seguridad en laboratorios químicos. Barcenola, España.

## Agentes utilizados para evitar la absorción de sustancias tóxicas en el tracto gastrointestinal

*Tabla 3.32. Antídoto para evitar la absorción de sustancias tóxicas en el tracto gastrointestinal*

Antídoto	Indicación principal	Tiempo de aplicación
Carbón activado*	Para la mayoría de las intoxicaciones	A
Colestiramina	Digital, cumarina, clordecón	B
Arcilla esméctica	Paraquat, diquat	A
Ferrocianuro potásico	Cobre	A
Bicarbonato sódico	Hierro	A
	Insecticidas organofosforados	A
Sulfato sódico	Bario	A
Almidón	Yodo	A

Fuente: Manual de seguridad en laboratorios químicos. Barcelona, España

## Agentes utilizados para evitar la absorción y/o las lesiones cutáneas

*Tabla 3.33. Antídoto agentes utilizados para evitar la absorción y/o las lesiones cutáneas*

Antídoto	Indicación principal	Tiempo de aplicación
Gel de gluconato de calcio	Ácido fluorhídrico	A
Macrogol 400 (PEG)	Fenol	A
Sulfato de cobre, bicarbonato sódico, hidroxietilcelulosa	Fósforo blanco	A

Fuente: Manual de seguridad en laboratorios químicos. Barcelona, España

## Eméticos

*Tabla 3.34. Antídotos para Emético*

Antídoto	Indicación principal	Tiempo de aplicación
Ipecacuana		A

Fuente: Manual de seguridad en laboratorios químicos. Barcelona, España.



## Purgantes y soluciones para lavado

<i>Tabla 3.35. Antídoto de purgantes y soluciones para lavado</i>		
Antídoto	Indicación principal	Tiempo de aplicación
Citrato magnésico		B
Sulfato magnésico		B
Manitol		B
Sulfato sódico		B
Sorbitol		B
Solución isoosmótica de polietilenglicol (para lavado)		B

Fuente: Manual de seguridad en laboratorios químicos. Barcelona, España.

## Agentes modificadores del pH de la orina

<i>Tabla 3.36. Agentes modificaciones de pH de la orina</i>		
Antídoto	Indicación principal	Tiempo de aplicación
Cloruro amónico		B
Clorhidrato de arginina		B
Ácido Clorhídrico (0,1N)		B
Bicarbonato sódico		A

Fuente: Manual de seguridad en laboratorios químicos. Barcelona, España.

*Tabla 3.37: Números telefónicos de emergencia en caso de accidentes*

Institución	Número Telefónico
Emergencias General	911
Protección civil	2281-0888
Cruz Roja de El Salvador	2222-5155
Cruz Verde Salvadoreña	2260-2454
Comandos de Salvamento	2221-1310/2222-0187

Fuente: Autores

## Derrame

Los derrames de sustancias químicas, no solo afectan a las operaciones del laboratorio, sino que representan un riesgo para la integración de las personas que los manipulan y para los equipos. La limpieza de los derrames debe ser hecha por personas capacitadas y entrenadas para ello. Contener el derrame de un material peligroso reduce los daños al ambiente, facilita las operaciones de limpieza, y previene o minimiza la dispersión. Cuando se idea una estrategia de contención, se deben considerar los movimientos vertical y horizontal del derrame. Suelen presentarse problemas de limpieza como resultado de no considerar los movimientos laterales del derrame contenido pero donde se pasó por alto su filtración vertical.

El vertimiento accidental de un producto químico debe ser tratado con extremas precauciones ya que los riesgos asociados a la sustancias se aumentan y al mismo tiempo se generan nuevos peligros.

Los derrames líquidos deben ser absorbidos en un sólido absorbente adecuado tales como arena, polvo de ladrillo o aserrín, los cuales no se deben usar sin embargo en el caso de líquidos inflamables o líquidos fuertemente oxidantes. El área debe ser descontaminada de acuerdo a las instrucciones dadas en las hojas de seguridad, y los residuos deben ser descartados de acuerdo a instrucciones adecuadas.



Arena para gatos



Bentonita

**Figura 3.21. Materiales absorbentes para derrames**

Fuente: Amazon.com



Arcilla



Bolsas y Recipientes para derrames

**Figura 3.22 . Material de emergencia ante derrames**

Fuente: amazon.com

Los sólidos derramados deben ser aspirados con aspiradoras industriales. Se pueden utilizar palas y escobillones pero minimizando la generación de polvo utilizando arena, etc.

A continuación se enlistan algunos elementos que se pueden incluir dentro de los kit de seguridad para derrames, sin embargo el mejor KIT es el que se diseña de acuerdo a los riesgos específicos de cada espacio de trabajo:

1. Absorbentes inertes como la vermiculita, barro, arena, arena para gato y bentonita. El papel no es muy recomendable para limpiar agentes oxidantes como el ácido nítrico.
2. Agentes neutralizantes para derrames ácidos pueden ser cal, carbonato de sodio y bicarbonato de sodio.
3. Agentes neutralizantes para productos alcalinos como bisulfato de sodio y ácido cítrico
4. Es recomendable contar con palas de plástico grandes, escobas, bolsas, recogedores, etc.
5. Es necesario tener cintas para barricada y avisos de protección contra resbalones, piso mojado, durante y después de la limpieza.
6. Equipo de protección personal, ejemplos: Batas, guantes de nitrilo, lentes, mascarillas o respiradores y zapatones desechables.

7. Contenedores para materiales contaminados además de recogedor y pala plásticas.
8. Etiquetas de identificación de derrame.

Para Eliminar un derrame use protección ocular, bata de laboratorio, y guantes de caucho de nitrilo. Si la sustancia derramada es un residuo acido prepare una solución de hidróxido de sodio, carbonato de sodio o carbonato de calcio. En caso que sea una solución Básico, prepare una solución de Ácido nítrico.

A la sustancia derramada agregue el Adsorbente inerte (vermiculita, barro, arena, arena para gato o bentonita. O puede ser una mezcla de aquellos). Luego agregue lentamente la solución de neutralización. Si la mezcla se calienta agregue agua fría. Agregar un poco material absorbente y agregue agua fría. Retirar La masa del material adsorbente y depositar en la basura. El procedimiento se resume en la siguiente figura:

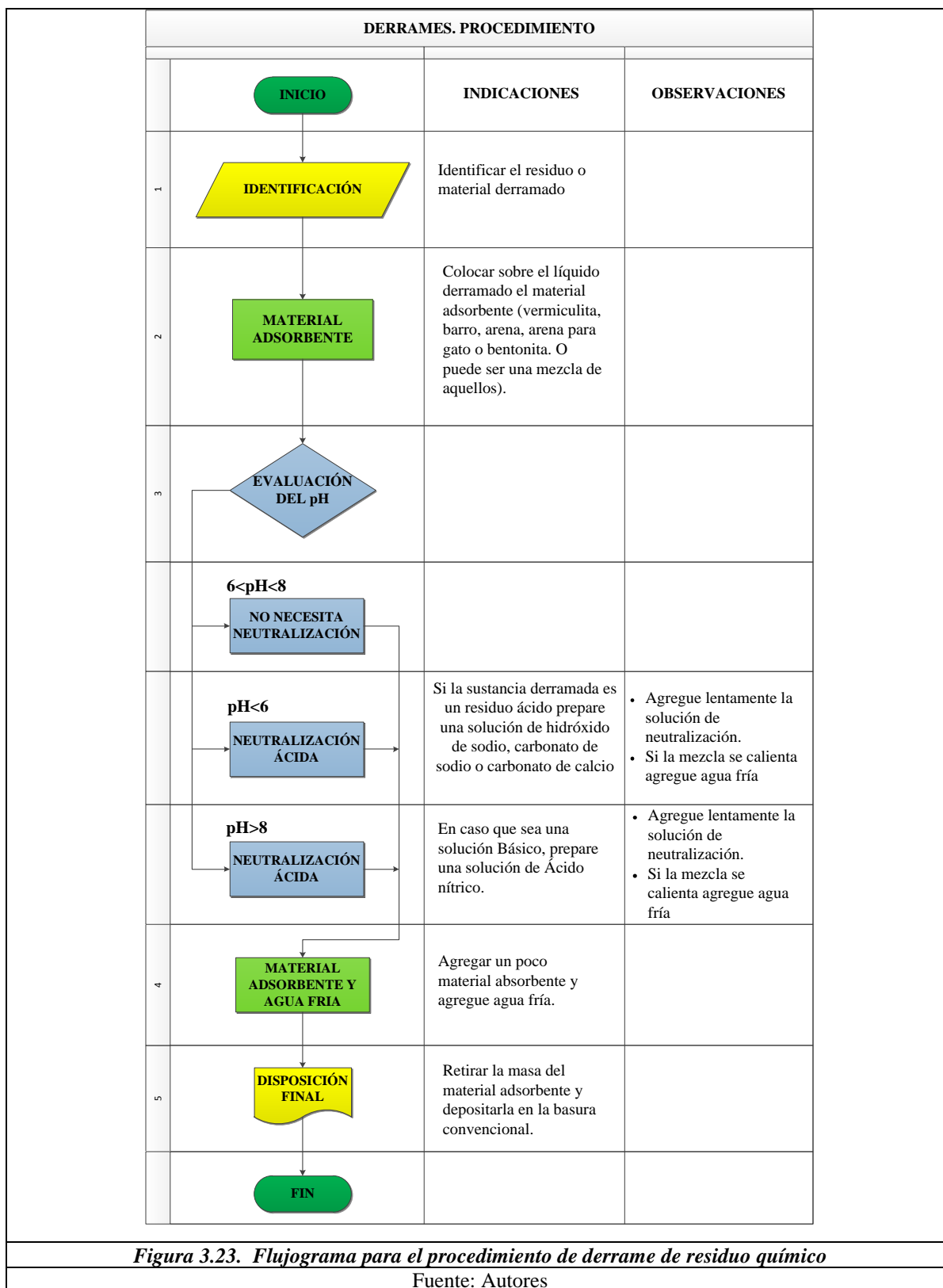


Figura 3.23. *Flujograma para el procedimiento de derrame de residuo químico*

Fuente: Autores

**Tabla 3.38. Propuesta de materiales adsorbentes para derrames**

<b>Parámetro</b>	<b>Material absorbente</b>	<b>Neutralizador</b>	<b>Cantidad de agua</b>
<b>Aceites y Grasas</b>	Arena para gato	Hidróxido de Sodio	Poco
<b>Alcalinidad</b>	Arena	Ácido nítrico/ Hidróxido de Sodio	Poco
<b>Calcio</b>	Bentonita	Ácido nítrico	Alta
<b>Cloruros</b>	Arena para Gatos/Arcilla	Hidróxido de Sodio	Moderada
<b>Dureza</b>	Arcilla	Ácido nítrico/ Hidróxido de Sodio	Moderada
<b>DBO</b>	Arcilla	Ácido nítrico/ Hidróxido de Sodio	Alta
<b>Boro</b>	Arena para Gato/Arcilla	Hidróxido de Sodio	Alta
<b>Cromo Hexavalente</b>	Arena	Hidróxido de Sodio	Alta
<b>Cianuros</b>	Arena para Gatos	Ácido nítrico	Alta
<b>Detergentes</b>	Arcilla	Hidróxido de Sodio	Moderada
<b>DQO</b>	Arena para Gato/Arcilla	Hidróxido de Sodio	Alta
<b>Fenoles</b>	Arena para Gato/Arcilla	Ácido nítrico	Alta
<b>Fluoruros</b>	Arcilla	Hidróxido de Sodio	Moderada
<b>Fosfatos</b>	Bentonita/Arcilla	Hidróxido de Sodio	Moderada
<b>Fósforo total</b>	Arcilla	Hidróxido de Sodio	Moderada
<b>Nitratos</b>	Arena	Hidróxido de Sodio	Poco
<b>Nitritos</b>	Arena	Hidróxido de Sodio	Poco
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	Arena para Gato/Arcilla	Hidróxido de Sodio	Poco
<b>NTK</b>	Arena para Gato/Arcilla	Hidróxido de Sodio	Poco
<b>Slice</b>	Arena para Gato/Arcilla	Hidróxido de Sodio	Poco
<b>Sulfatos</b>	Arena para Gato	Hidróxido de Sodio	Alta
<b>Sulfuros</b>	Arena para Gato	Hidróxido de Sodio	Alta
<b>Fuente: Autores</b>			

### **3.2.6 Normas generales de trabajo**

**Indicaciones sobre hábitos personales a respetar en laboratorios.** (Alberto García Jerez, 2007)

- Prohibición de fumar
- Prohibición de comer
- Prohibición de beber
- No guardar alimentos ni bebidas en los frigoríficos del laboratorio.
- No realizar reuniones o celebraciones.
- Mantener abrochados batas y vestidos.
- Llevar el pelo recogido.
- No llevar pulseras, colgantes, mangas anchas ni prendas sueltas que puedan engancharse en montajes, equipos o máquinas.
- Lavarse las manos antes de dejar el laboratorio.
- No dejar objetos personales en las superficies de trabajo.

**Indicaciones sobre hábitos de trabajo a respetar en laboratorios.** (Alberto García Jerez, 2007)

- Obligación de llevar equipos de protección individual determinados.
- Obligatoriedad de llevar ropa específica para el trabajo.
- No trabajar solo.
- No efectuar pipeteos con la boca.
- Obligación de leer la etiqueta o consultar las fichas de seguridad de productos antes de utilizarlos por primera vez.
- Etiquetar adecuadamente los frascos y recipientes a los que se haya transvasado algún producto o donde se hayan preparado mezclas, identificando su contenido, a quién pertenece y la información sobre su peligrosidad (reproducir el etiquetado original).
- No tocar con las manos desnudas ni probar los productos químicos.

- No llenar los tubos de ensayo más de dos o tres centímetros.
- Calentar tubos de ensayo de lado y utilizando pinzas.
- Encender mecheros con encendedores piezoeléctricos largos, nunca cerillas ni encendedores.
- Utilizar siempre gradillas y soportes.
- No trabajar separado de las bancadas.
- No tomar nunca los tubos de ensayo con las manos, siempre con pinzas.
- Comprobar la temperatura de los materiales antes de cogerlos directamente con las manos.
- Utilizar las vitrinas de gases siempre que sean posibles.
- Asegurar la desconexión de equipos, agua y gas al terminar el trabajo.
- Recoger materiales, reactivos, equipos, etc., al terminar el trabajo
- Emplear y almacenar sustancias inflamables en las cantidades imprescindibles.
- Mantener las bancadas limpias y sin productos, libros, cajas o accesorios innecesarios para el trabajo que se está realizando.

**Indicaciones sobre obligaciones o requisitos para uso de ciertos laboratorios.** (Alberto García Jerez, 2007)

- Tener seguro de accidentes.
- Haber cumplimentado los protocolos de admisión determinados (firma de fichas de admisión u otro tipo de protocolo).
- Realizar únicamente tareas enmarcadas en el ámbito de trabajo del laboratorio
- Realizar únicamente tareas para las que se ha sido autorizado.
- Ser autorizados para el uso o entrada en un laboratorio.
- Ser autorizados para el uso de un producto, equipo o instalación concreta.



### **3.2.7 Propuesta de manual de higiene y seguridad industrial para el Laboratorio de Calidad de Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.**

#### **Condiciones ambientales de trabajo**

Algunos de los aspectos a tener en cuenta en lo concerniente a orden y limpieza, espacios de trabajo, ventilación, iluminación, etc., se detallan a continuación.

#### **Orden y limpieza**

Ambos factores deben ser consustanciales con el trabajo, porque un laboratorio limpio y ordenado significa disponer de lo necesario y en condiciones óptimas para desarrollar cualquier actividad en todo momento.

Algunas directrices generales para mantener limpia y ordenada el área de trabajo en el laboratorio son:

- No sobrecargar las estanterías y zonas de almacenamiento.
- Mantener siempre limpias, libres de obstáculos y debidamente señalizadas las escaleras y zonas de paso.
- No bloquear los extintores, mangueras y elementos de lucha contra incendios con cajas o mobiliario.
- No dejar botellas, garrafas y objetos en general tirados por el suelo y evitar que se derramen líquidos por las mesas de trabajo y el piso.
- Colocar siempre los residuos y la basura en contenedores y recipientes adecuados.
- Recoger los frascos de reactivos, materiales y útiles de trabajo al acabar de utilizarlos.
- Limpiar, organizar y ordenar sobre la marcha, a medida que se realiza el trabajo.
- Disponer de un lugar en el puesto de trabajo que resulte fácilmente accesible, que se pueda utilizar sin llegar a saturarlo y sin que queden ocultos los útiles y equipos de uso habitual, así como los manuales de instrucciones.
- Mantener limpio el puesto de trabajo, evitando que se acumule suciedad, polvo o restos de los productos utilizados.

- Limpiar, guardar y conservar correctamente el material y los equipos después de usarlos, de acuerdo con las instrucciones y los programas de mantenimiento establecidos.
- Desechar el material de vidrio roto o con fisuras en el contenedor apropiado.
- En el caso de que se averíe un equipo, informar inmediatamente al supervisor, evitando utilizarlo hasta su completa reparación.
- Guardar los materiales y productos, en las zonas de almacenamiento habilitadas a tal fin. (Armentia, 2008)

### **Espacios de trabajo por trabajador**

Para que puedan darse unas buenas condiciones de orden y limpieza es necesario también respetar las dimensiones mínimas de los espacios de trabajo, permitiendo a trabajadores realizar sus actividades sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables.

La separación entre los elementos materiales existentes en el laboratorio deberá ser suficiente para que los trabajadores puedan realizar su labor en condiciones de seguridad, salud y bienestar.

Cuando el espacio libre de que se disponga en el laboratorio no permita a los trabajadores la libertad de movimientos requerida para el desarrollo de su actividad, deberá disponerse de un espacio adicional suficiente en las inmediaciones del puesto de trabajo. (Armentia, 2008)

### **Temperatura, humedad y ventilación**

La exposición de los trabajadores a las condiciones ambientales de los laboratorios en general no debe suponer un riesgo para su seguridad y salud, ni debe ser una fuente de incomodidad o molestia. Deben evitarse:

- Humedad y temperaturas extremas.

- Cambios bruscos de temperatura.
- Corrientes de aire molestas.
- Olores desagradables.

El aislamiento térmico de los locales donde se hallan ubicados los laboratorios debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.

Los riesgos asociados a la ventilación del laboratorio se pueden resumir en:

- Contaminación ambiental residual y olores.
- Elevadas concentraciones ambientales generadas por derrames, vertidos y fugas de gases.
- Productos peligrosos que pasen a la atmósfera cuando se manipulan y se realizan operaciones con ellos.

La prevención adecuada frente a estos riesgos es:

- Ventilación del laboratorio eficaz, independiente del resto de las dependencias.
- Mantenimiento del laboratorio en depresión respecto a las zonas colindantes.
- Circulación del aire del lugar menos contaminado al más contaminado.
- Extracción localizada mediante vitrinas de laboratorio.
- Ventilación de emergencia.

Mención especial merece el trabajo con cámaras de climatización y frigoríficas. Aunque, por las características propias del trabajo no sea habitual que los trabajadores permanezcan en su interior durante espacios de tiempo prolongados, es preciso tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Considerando las diferencias de temperatura con el exterior, las personas que deban acceder al interior de dichas cámaras irán provistas de ropa adecuada, especialmente en aquellas cuya temperatura es inferior a 0 °C.
- Las puertas de las cámaras de climatización deben disponer de un sistema de cierre que facilite la apertura desde su interior. En ningún caso deberán disponer de cerradura con llave.

- Es conveniente que en el exterior de dichas cámaras exista una señal luminosa que advierta de la presencia de personas en su interior.

Con independencia de las condiciones de aireación del local, siempre que sea necesario manipular productos que puedan originar emanaciones de sustancias peligrosas u olores desagradables, el trabajo en cuestión se llevará a cabo bajo campana extractora, que deberá ir provista de filtros adecuados y estar sujeta a un programa de mantenimiento preventivo acorde a sus características. (Armentia, 2008)

## **Iluminación**

La iluminación de los laboratorios debe adaptarse a las características de la actividad que se realiza en ellos, debiendo tener en cuenta las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

Algunas normas generales a seguir para una adecuada iluminación del laboratorio son:

- Siempre que sea posible, los laboratorios deben tener preferentemente iluminación natural.
- La iluminación artificial debe complementar la natural.
- La iluminación localizada se utilizará en zonas concretas que requieran niveles elevados de iluminación.
- La distribución de los niveles de iluminación debe ser uniforme, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de trabajo y entre ésta y sus alrededores.
- Evitar los deslumbramientos directos, producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia, y los indirectos, originados por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- No utilizar fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, profundidad o distancia entre objetos dentro de la zona de trabajo.
- Instalar alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad en los lugares en los que un fallo del alumbrado normal suponga riesgo para la seguridad de los trabajadores. Por último, los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión. (Armentia, 2008)

## **Equipo de protección de colectiva**

Son elementos de ayuda en caso de emergencias (vertidos, salpicaduras, derrames, etc.). Deben mantenerse en buen estado y al alcance para que su uso pueda realizarse con la rapidez requerida, así como debidamente señalizados, procurando que su ubicación no genere un nuevo riesgo para el laboratorio.

Los equipos de protección colectiva más habituales son las vitrinas de gases, los extractores, los neutralizadores, las duchas y lavaojos de emergencias.

### **Vitrinas extractoras de gases**

Las vitrinas extractoras capturan, contienen y expulsan las emisiones generadas por sustancias químicas peligrosas. Protegen contra proyección y salpicaduras y facilitan la renovación del aire limpio. El propósito de las vitrinas extractoras de gases es prevenir el vertido de contaminantes en el laboratorio. Ello se consigue extrayendo el aire del laboratorio hacia el interior de la campana.

A continuación, se detallan algunas recomendaciones para la utilización de las vitrinas extractoras:

- Se debe trabajar, al menos, a 15 cm del marco de la campana.
- Las salidas de gases de los reactores deben estar enfocadas hacia la pared interior, y si fuera posible, hacia el techo de la campana.
- No se debe utilizar la campana como almacén de productos químicos. La superficie de trabajo debe mantenerse limpia y diáfana.
- Hay que tener precaución en las situaciones que requieren bajar la ventana de guillotina para conseguir una velocidad frontal mínimamente aceptable. La ventana debe colocarse a menos de 5 cm de la superficie de trabajo.
- Las vitrinas extractoras deben estar siempre en buenas condiciones de uso. El operador no debería detectar olores fuertes procedentes del material ubicado en su

interior. Si se detectan, hay que asegurarse de que el extractor está en funcionamiento.

- Se deberá realizar un mantenimiento preventivo de las vitrinas para que la velocidad siga estando dentro de los márgenes de seguridad, además de prestar especial atención a los conductos para evitar fugas.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que presentan los siguientes inconvenientes:

- Las vitrinas aspiran y extraen el aire climatizado del laboratorio ocasionando un gasto energético que hay que considerar.
- No aseguran la protección del operador frente a los microorganismos y los contaminantes presentes en el laboratorio.

Campanas localizadas (extractores) Las utilidades de estos equipos son:

- facilitan la renovación del aire
- eliminan los productos no deseables del ambiente.

En muchos casos es aconsejable instalar pequeñas campanas o rendijas en lugar de utilizar vitrinas. Por ejemplo, en ensayos fisicoquímicos que pueden implicar desprendimientos de humos, es más recomendable instalar alguno de los elementos mencionados que alojar los aparatos en el interior de una vitrina, ya que además del coste de construcción que supone una vitrina, ésta quedaría inutilizada para otros usos debido al tamaño de los aparatos.

Mediante esta técnica de extracción podrían ser retirados por ejemplo, los humos y gases calientes provenientes de baños calientes de aceite y de agua, placas calefactoras, muflas, estufas y cromatógrafos de gases.

### **Lavaojos**

Es un sistema que debe permitir la descontaminación rápida y eficaz de los ojos y que está constituido básicamente por dos rociadores o boquillas capaces de proporcionar un chorro de agua potable para lavar los ojos o la cara, una pileta provista del correspondiente

desagüe, de un sistema de fijación al suelo o a la pared y de un accionador de pie (pedal) o de mano.

El chorro proporcionado por las boquillas debe ser de baja presión para no provocar daño o dolor innecesario. El agua debe ser potable y es recomendable que sea templada.

### **Duchas de seguridad**

Constituyen el sistema de emergencia más habitual para casos de proyecciones con riesgo de quemaduras químicas e incluso si se prende fuego en la ropa.

### **Extintores**

Los extintores son aparatos que contienen un agente o sustancia extintora que puede ser proyectada y dirigida sobre el fuego por acción de una presión interna. Dado que existen distintos tipos de fuego, debe decidirse en cada caso el agente extintor adecuado: agua pulverizada o a chorro, polvo, polvo polivalente, espuma o CO<sub>2</sub>. Para su uso en el laboratorio, la experiencia demuestra que los más prácticos y universales son los de CO<sub>2</sub>, ya que, dada la presencia de instrumental eléctrico delicado y productos químicos reactivos, otros agentes extintores podrían producir agresiones irreparables a los equipos o nuevos focos de incendios. No se recomienda el uso de extintores no adecuados a las características del material que arde, ya que pueden favorecer el desarrollo del incendio.

### **Neutralizadores**

Otros elementos de actuación y protección para actuaciones de emergencia en caso de derrames o vertidos accidentales son los agentes neutralizadores. Los neutralizadores y absorbentes o adsorbentes necesarios estarán en función de la actividad del laboratorio y de los productos utilizados. Normalmente debe disponerse de agentes específicos para ácidos, bases, disolventes orgánicos y mercurio, lo que constituye el denominado “equipo básico”. Así mismo es recomendable disponer de materiales altamente adsorbentes para control físico de vertidos que no requieran tratamientos especiales o como complemento de éstos.

## **Equipo de protección individual**

Se define los Equipos de Protección Individual (EPI) como cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos, que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

Los Equipos de Protección Individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Los equipos de protección individual pueden clasificarse, considerando la parte del cuerpo que protejan, en los siguientes grupos:

- Protectores de ojos y cara
- Protectores de piel
- Protectores de manos y brazos
- Protectores de vías respiratorias
- Protectores de oído
- Protectores de piernas
- Protectores de tronco y de abdomen
- Protectores de cuerpo

De todos ellos los más utilizados en el laboratorio son los protectores de la piel, de los ojos, de las vías respiratorias, de las manos y de los brazos.

### **Protección de cara y ojos**

Los equipos destinados a la protección de la cara y los ojos permiten protegerse frente a los riesgos causados por proyecciones de partículas sólidas, proyecciones de líquidos (corrosivos, irritantes) y exposición a radiaciones ópticas (infrarrojo, ultravioleta, láser). Se pueden clasificar en dos grandes grupos: pantallas, que cubren toda la cara y gafas, que protegen los ojos del trabajador.



Debe utilizarse gafas protectoras siempre que se manipule:

- Material de vidrio a presión reducida
- Sustancias químicas tóxicas
- Material de vidrio a presión elevada
- Materiales inflamables
- Explosivos
- Sustancias carcinogénicas
- Sustancias cáusticas, irritantes o corrosivas
- Luz láser
- Luz ultravioleta

Las personas que utilicen lentes correctoras pueden llevar gafas de protección ocular sobre las primeras sin que perturben el ajuste de las mismas.

Las personas que utilicen lentes de contacto en el laboratorio deben ser conscientes de los peligros potenciales que supone:

- Será prácticamente imposible retirar las lentes de contacto de los ojos después de que se haya derramado una sustancia química en el área ocular.
- Las lentes de contacto interferirán con los procedimientos de lavado de emergencia
- Las lentes de contacto pueden atrapar y recoger humos y materiales sólidos en el ojo.
- Si se produce la entrada de sustancias químicas en el ojo y la persona se queda inconsciente, el personal de auxilio no se dará cuenta de que lleva lentes de contacto.

Por estos motivos se recomienda encarecidamente no usar lentes de contacto en el laboratorio.

### **Protección de piel**

El objetivo de estos equipos es impedir el contacto y penetración de sustancias tóxicas, corrosivas o irritantes a través de la piel, especialmente a través de las manos que es la parte

del cuerpo que más probablemente puede entrar en contacto con los productos químicos. Sin embargo, no debe despreciarse el riesgo de impregnación de la ropa, que se puede prevenir empleando delantales, mandiles y, en general, ropa de trabajo o protección adecuada a las características de peligrosidad del agente químico manipulado.

En caso de contacto con el producto debe procederse al lavado inmediato de la protección y si se ha impregnado la ropa de trabajo, quitársela inmediatamente y proceder asimismo a su lavado.

Cuando se trabaja en el laboratorio es obligatorio llevar una bata de laboratorio, para proteger la piel de sustancias químicas que puedan derramarse o producir salpicaduras y protección en los pies para prevenir heridas producidas por sustancias corrosivas, objetos pesados, descargas eléctricas y para evitar deslizamientos en suelos mojados.

Se recomienda llevar zapatos que cubran y protejan completamente los pies, prohibiéndose llevar sandalias, zuecos, tacones altos o zapatos que dejen el pie al descubierto.

Asimismo, es obligatorio el uso de guantes de seguridad que se fabrican en diferentes materiales (PVC, PVA, nitrilo, látex, neopreno, etc.) en función del riesgo que se pretende proteger. Para su uso en el laboratorio, además de la necesaria resistencia mecánica a la tracción y a la perforación, es fundamental la impermeabilidad frente a los distintos productos químicos.

<b>Tabla 3.39 Tipos de guantes según su material</b>	
<b>Nitrilo</b>	Son guantes con buena resistencia frente a los químicos en general. Son resistentes a la gasolina, queroseno y otros derivados del petróleo. Se utilizan para prevenir las alergias al látex que presentan algunos guantes. No se recomienda su uso frente a cetonas, ácidos oxidantes fuertes y productos químicos orgánicos que contengan nitrógeno.
<b>Látex</b>	Proporciona una protección ligera frente a sustancias irritantes (algunas personas pueden tener alergia a este material).
<b>Vinilo</b>	Son muy usados en la industria química porque son baratos y desechables, además de duraderos y con buena resistencia al corte. Ofrecen una mejor resistencia química que otros polímeros frente a agentes oxidantes inorgánicos diluidos. No se recomienda usarlos frente a cetonas, éter y disolventes aromáticos o clorados. Algunos ácidos concentrados endurecen y plastifican los guantes de PVC. No ofrecen una buena protección frente a material infeccioso y además no ofrecen la sensibilidad táctil del látex.
<b>Caucho natural</b>	Protege frente a sustancias corrosivas suaves y descargas eléctricas.
<b>Neopreno</b>	Son excelentes frente a productos químicos, incluidos alcoholes, aceites y tintes. Presentan una protección superior frente a ácidos y bases y muchos productos químicos orgánicos. Otra característica es su flexibilidad y dexteridad. No se recomienda su uso para agentes oxidantes.
<b>Algodón</b>	Absorbe la transpiración, mantiene limpios los objetos que se manejan y retarda el fuego.
<b>Zatex</b>	Cuando se manipulan pequeños objetos muy calientes. Este material es un buen sustituto del amianto en los guantes.
<b>Fuente: <a href="http://www.generalsafety.com.sv">http://www.generalsafety.com.sv</a>.</b>	




Cuando se trabaja con materiales extremadamente corrosivos, como el ácido fluorhídrico, se debe llevar guantes gruesos y tener mucho cuidado que no tengan agujeros, pinchazos y rasgaduras.

### **Protección de las vías respiratorias**

Los equipos de protección individual de las vías respiratorias son aquellos que tratan de impedir que el contaminante penetre en el organismo a través de esta vía. Las mascarillas son los equipos de este tipo, de uso más habitual en los laboratorios.

Utilizan el aire del ambiente y lo purifican, es decir retienen o transforman los contaminantes presentes en él para que sea respirable. Presentan dos partes claramente diferenciadas: el adaptador facial y el filtro. El adaptador facial tiene la misión de crear un espacio herméticamente cerrado alrededor de las vías respiratorias, de manera que el único acceso a ellas sea a través del filtro. Los adaptadores deben tener, entre otras, las siguientes propiedades: máxima hermeticidad, mínima resistencia al paso del aire, máxima visibilidad en las máscaras y máximo confort de utilización. Los filtros tienen la misión de purificar el aire y eliminar la contaminación. Existen diferentes filtros según los productos químicos que se utilicen y diferentes tamaños de poro según el tamaño de la partícula a retener. Los filtros tienen fecha de caducidad. Suelen caducar a los seis meses para uso continuado. La mascarilla auto filtrante es un tipo especial de protector respiratorio que reúne en un solo cuerpo inseparable el adaptador facial y el filtro. No son adecuadas para la protección de gases o vapores, siendo más adecuada para la protección frente a partículas sólidas y aerosoles.




**Tabla 3.40. Propuesta de equipo de protección personal**

<b>Equipo</b>	<b>Función</b>	<b>Imagen</b>
<b>Guante descartable de látex</b>	<b>Protección de manos:</b> Ideales para examen médico. Cumple, también, los requerimientos de la FFDCA1 para manipulación de alimentos.	
<b>Guantes descartables de nitrilo color azul</b>	<b>Protección de manos:</b> Ideales para el trabajo biológico y microbiológico. Resistente para ácidos y bases fuertes	
<b>Uvex stealth</b>	<b>Protección visual</b> Moderno diseño, con tecnología y materiales para crear nuevos niveles de comodidad y aceptación de los trabajadores. Excepcional sistema de ventilación indirecta canaliza y dirige el flujo de aire sobre el lente lo cual ayuda a disminuir y mejorar la visión mientras continua brindando protección contra las salpicaduras químicas y el impacto.	

Continuación de tabla 3.39: Propuesta de equipo de protección personal

<p><b>Guante para calor terrycloth</b></p>	<p><b>Protección de manos</b></p> <p>Fabricado con una combinación de algodón y poliéster. Proporciona absorción máxima. Resistente a cortes, tajos, abrasión y calor. Durable, sin costuras y reversible.</p>	
<p><b>Moldex 2200 n95</b></p>	<p><b>Protección respiratoria</b></p> <p>Aprobada para ser utilizada contra polvos tóxicos, neblinas y humos metálicos con un grado de eficiencia de un 95% y un PEL de menos de 0,05 mg/m3 o 2mppcf</p>	
<p><b>Dräger x-plore 3300</b></p>	<p><b>Protección respiratoria</b></p> <p>Respirador de media cara de vida limitada que no requiere mantenimiento. La elección correcta para los usuarios que necesitan un respirador económico y cómodo.</p>	
<p><b>Bota plástica blanca de pvc</b></p>	<p><b>Protección de Pies</b></p> <p>Diseñadas para trabajos en los que se requiere poca protección de químicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción inyectada moldeada libre de costuras</li> <li>• Cubo de acero conforme con ASTM F2413-05</li> <li>• Caña de acero en el empeine para mayor seguridad y comodidad</li> <li>• Plantillas acolchonadas reemplazables</li> <li>• Suela antideslizante, con agarre extra en superficies lisas o resbalosas             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 16" De altura</li> </ul> </li> <li>• Vena de corte para el ajuste de altura</li> </ul>	

**Continuacion de tabla 3.39: Propuesta de equipo de protección personal**

<b>Continuacion de tabla 3.39: Propuesta de equipo de protección personal</b>		
<p><b>Berrendo 153</b></p>	<p align="center"><b>Protección para pies</b></p> <p>Bota fabricado con cuero granulado negro, con collar acolchonado que da un mayor confort, con suela de hule, cuenta con cubo de acero para darle protección en los dedos de los usuarios y construcción de costuras lo que le da una mayor resistencia. Cumple y sobrepasa los requerimientos más exigentes (Clase 75) de la norma norteamericana ANSI-Z41.</p> <p>Suela Alpina negra material NBR hule de nitrilo (butadieno) Excelente resistencia a los aceites, abrasión y al desgarre.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción Stitched</li> <li>• Ajuste 5 ojetes metálicos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura 5"</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>Traje para químicos chemtex</b></p>	<p align="center"><b>Ropa protectora</b></p> <p>Ropa protectora nivel C para la protección contra una variedad de aplicaciones de químicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Material: PVC sobre nylon poliéster - grueso 35mm</li> <li>• Color: Verde</li> <li>• Cumple con ASTM D6413-99</li> <li>• Rodillas, codos, y área de la entrepierna reforzados para prevenir rasgadas</li> <li>• Tirantes elástico resistente ajustables con clip de sujeción de lujo</li> <li>• Broches de presión ajustables en la cintura para el ajuste perfecto                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaqueta con aleta de tormenta en el frente</li> </ul> </li> <li>• Broches de presión en los tobillo y puños para un ajuste</li> <li>• Bolsillo en pecho transparente para identificación</li> </ul>	
<p><b>Botiquín</b></p>	<p>Diseñados para mantener a la mano los productos de primeros auxilios que se necesiten, dependiendo del riesgo que exista el contenido del botiquín cambia para adecuarse a la situación. Existen desde botiquines pequeños con lo esencial hasta botiquines completos con una gran variedad de medicinas.</p>	

**Fuente: <http://www.generalsafety.com.sv>. TEL. (503) 2200-5112**

### **3.2.7.1 Modo de acción y daño de los agentes químicos en el organismo.**

#### **Sistema respiratorio**

Es muy vulnerable al ataque por contacto directo con los agentes en el aire por lo que es más susceptible que otras partes del cuerpo. Toda sustancia que le puede hacer daño al sistema respiratorio se puede clasificar en dos grupos:

- Gases o vapores irritantes
- Material pulverizado

Los vapores y gases causan daño en las células e inflamación en el sistema. Cuando atacan la parte alta del mismo causan laringitis. El ataque a los bronquios produce bronquitis. En los alveolos da lugar a edema pulmonar (retención de agua en los pulmones) y neumonía. El daño causado por los gases irritantes puede tener como consecuencia una reducción de la capacidad de los pulmones para llevar a cabo un cambio eficaz de los gases. El material pulverizado puede causar muchas enfermedades al depositarse en los pulmones. Entre estas podemos mencionar: la asbestosis, la silicosis, el pulmón de grafito y hasta el cáncer, luego de un período de exposición largo.

#### **Conducto gastrointestinal**

Las lesiones al conducto gastrointestinal se producen de dos formas:

- Por agentes corrosivos que ocasionan quemaduras químicas que dan lugar a hemorragia o perforación del conducto.
- Por sustancias irritantes que ocasionan inflamación, lo que da lugar a una gastroenteritis.

#### **Piel**

En relación con el contacto que se produce con los agentes tóxicos y corrosivos la piel es muy vulnerable especialmente en cuanto concentración de la sustancia con la que se pone en contacto. Los daños a la piel se pueden clasificar en dos grupos:

1. Sustancias corrosivas que destruyen la estructura cutánea, dando lugar a quemaduras químicas o úlceras.
2. Cuando una exposición repetida a pequeñas dosis produce:
  - a. Dermatitis (inflamación de la piel)
  - b. Cáncer de la piel

### **Hígado**

Este es el primer órgano expuesto a las sustancias tóxicas que han sido absorbidas por el conducto gastrointestinal. Puede resultar dañado de tres formas:

- Destrucción de células (necrosis).
- Aumento en el contenido grasoso.
- Aumento en el contenido acuoso.

A pesar que el hígado tiene capacidad de regenerar células y tejidos, un ataque tóxico repetido ocasiona cicatrices, las que reducen la eficiencia del órgano y pueden llegar hasta causar cáncer.

### **Sangre**

La acción tóxica en la sangre puede ser directa o indirecta. La acción directa se produce como consecuencia de una destrucción de la sangre (hemolisis). La acción indirecta se traduce en cualquier reacción que disminuya la capacidad de transportación de oxígeno.

### **Riñones**

La función principal de los riñones es la excreción de los subproductos metabólicos excrementicios solubles en agua pero está íntimamente relacionado con el control de los fluidos del cuerpo. Por consiguiente, cualquier sustancia tóxica que afecte el hígado y reduzca la eficiencia de los riñones para regular la excreción de la orina interferirá también con el buen equilibrio de los fluidos corporales.



## **Sistema nervioso**

Como todos sabemos, el sistema nervioso se divide en dos: el sistema nervioso central (cerebro y médula espinal) y los músculos y nervios sensores. Los tóxicos que atacan el sistema nervioso central pueden causar ataxia (pérdida de la coordinación muscular), ceguera, sordera, desórdenes en la conducta y temblores, entre otros. Un ataque grave puede llegar a causar fallas respiratorias o problemas del corazón.

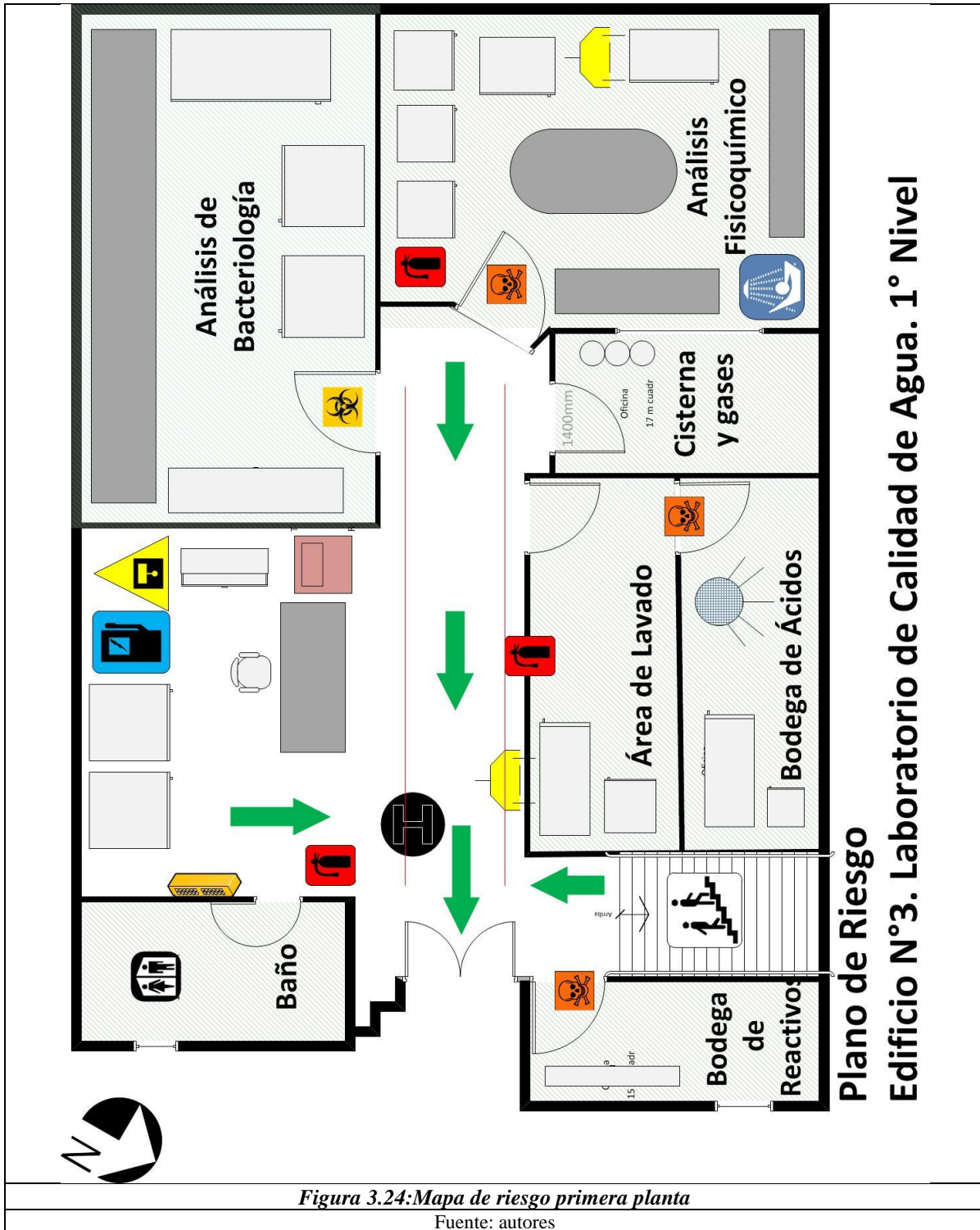
## **Ojos**

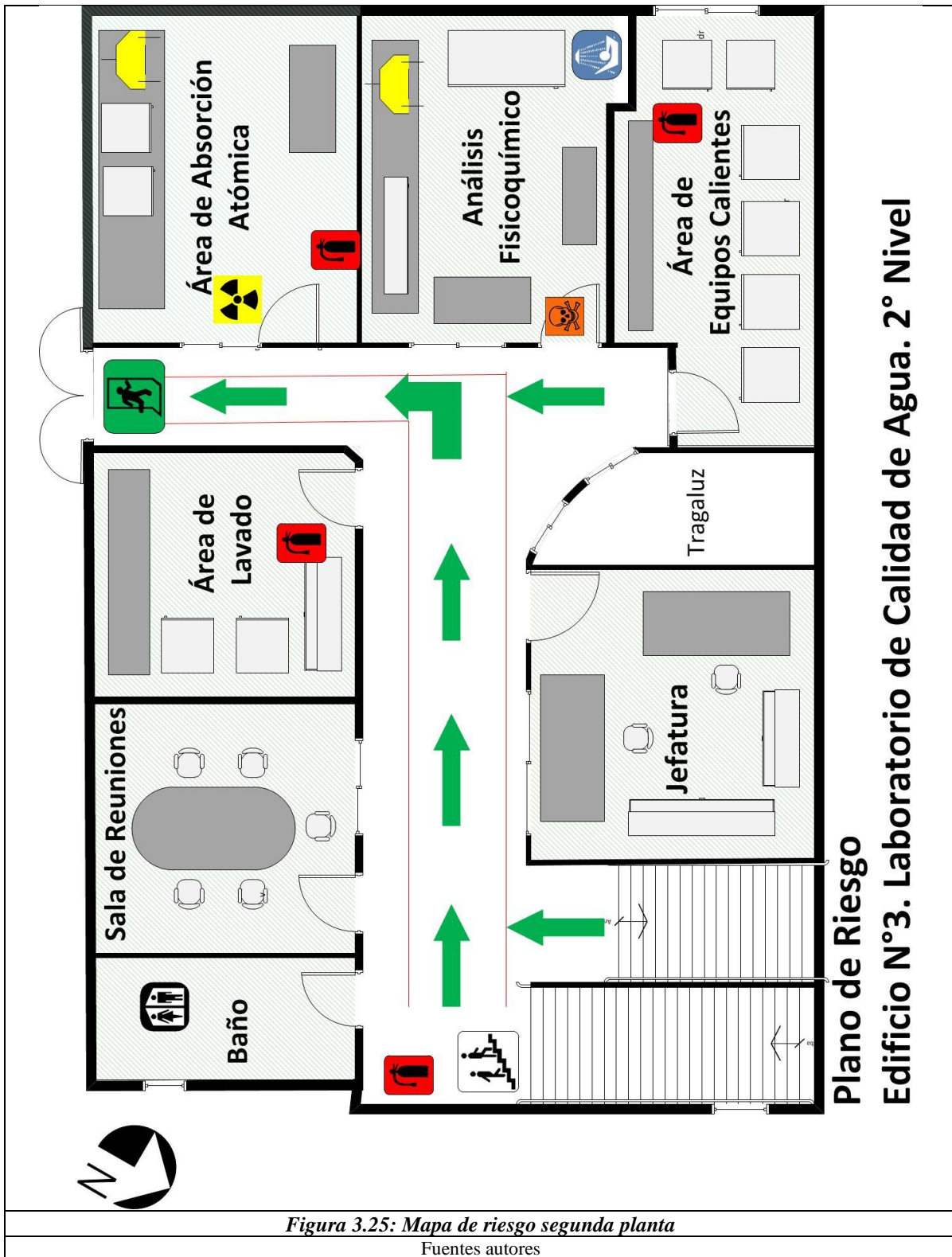
Si una persona que se toca los ojos tiene suficiente cantidad de un agente corrosivo en las manos puede llegar a causarse ceguera. El daño puede ocurrir debido a la acción de agentes sistemáticos, puede causar cataratas y hasta dañar el nervio óptico.

## **Sistema óseo**

Los huesos también pueden verse afectados debido al contacto con los agentes tóxicos. Éstos pueden reblandecerlos y deformarlos, lo que causa presión en los nervios, y da como resultado fuertes dolores. Puede incluso ponerlos tan frágiles que quebrarlos sea fácil.

### 3.2.8 Mapa de riesgo





### **3.3 Tratamientos**

Para la eliminación de los residuos del laboratorio, se describen a continuación las fichas de tratamiento el cual posee toda la información necesaria la marcha de laboratorio que se tiene que efectuar.

#### **3.3.1 Área de Absorción Atómica.**

##### **Metales Pesados**

La ficha de seguridad detalla el tratamiento de los metales contenidos en los residuos generados por el laboratorio de Absorción atómica. Contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, el procedimiento el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 1.1.

#### **3.3.2 Área de Análisis Fisicoquímico primera planta**

##### **Aceites y Grasas-Calcio-Dureza-Alcalinidad-BufferpH-conductividad**

La ficha de seguridad describe el tratamiento de los residuos generados por los parámetros de aceites y grasas, calcio, dureza, alcalinidad, buffer pH y conductividad del área de fisicoquímica primera planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 2.1.

##### **Cloruros**

La ficha de seguridad detalla el tratamiento de los residuos generados por el parámetro de cloruros del área de fisicoquímica primera planta. La ficha contiene el objetivo de la

marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 2.2.

### **3.3.3 Área Análisis Físicoquímico segunda planta**

#### **Cianuro**

La ficha de seguridad detalla el tratamiento de los residuos generados por el parámetro de cianuro del área de físicoquímica segunda planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, el procedimiento, material y equipo, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 3.1.

#### **Cromo Hexavalente**

La ficha de seguridad detalla el tratamiento de los residuos generados por el parámetro de cromo hexavalente del área de físicoquímica segunda planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 3.2.

#### **Detergentes**

La ficha de seguridad detalla el tratamiento de los residuos generados por el parámetro de detergentes del área de físicoquímica segunda planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 3.3.

#### **DQO**

La ficha de seguridad detalla el tratamiento de los residuos generados por el parámetro de DQO del área de físicoquímica segunda planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha

de laboratorio, la aplicación, la descripción, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 3.4.

### **Fenoles.**

La ficha de seguridad detalla el tratamiento de los residuos generados por el parámetro de fenoles del área de fisicoquímica segunda planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 3.5.

### **Fluoruros**

La ficha de seguridad detalla el tratamiento de los residuos generados por el parámetro de fluoruros del área de fisicoquímica segunda planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 3.6.

### **Nitritos y nitratos**

La ficha de seguridad detalla el tratamiento de los residuos generados por los parámetros de nitritos y nitratos del área de fisicoquímica segunda planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, descripción, el procedimiento, material y equipo, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 3.7.

### **Nitrógeno Amoniacal – NTK**

La ficha de seguridad describe el tratamiento de los residuos generados por los parámetros de nitrógeno amoniacal y NTK del área de fisicoquímica segunda planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 3.8.

### **Sílice-Fosfato-Fosforo Total**

La ficha de seguridad describe el tratamiento de los residuos generados por los parámetros de sílice, fosfato y fosforo total del área de fisicoquímica segunda planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 3.9.

### **Sulfatos-Sulfuros**

La ficha de seguridad describe el tratamiento de los residuos generados por los parámetros de sulfatos y sulfuros del área de fisicoquímica segunda planta. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, la descripción, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 3.10.

#### **3.3.4 Procedimiento estándar de operación: manejo y descarte de muestra en el área de Bacteriología**

La ficha de seguridad describe el tratamiento de los residuos generados por los parámetros analizados dentro del área de bacteriología. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, definiciones, resumen del método, material y equipo, el procedimiento, precauciones, registros, manejo de residuos y referencias. Ver anexo B 4.0

#### **3.3.5 Procedimiento para el tratamiento de desechos solidos**

### **Cristalería**

La ficha de seguridad describe el tratamiento de los residuos sólidos (cristalería) generados en el laboratorio de calidad de aguas. La ficha contiene el objetivo de la marcha de

laboratorio, la aplicación, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 5.1.

### **Guantes**

La ficha de seguridad describe el tratamiento de los residuos sólidos (guantes) generados en el laboratorio de calidad de aguas. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 5.2.

### **Papel de oficina**

La ficha de seguridad describe el tratamiento de los residuos sólidos (papel de oficina) generados en el laboratorio de calidad de aguas. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 5.3.

### **Papel de operaciones**

La ficha de seguridad describe el tratamiento de los residuos sólidos (papel de operaciones) generados en el laboratorio de calidad de aguas. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 5.4.

#### **3.3.6 Procedimiento ante derrames**

La ficha de seguridad describe el procedimiento de emergencia ante un derrame que pueda presentar en el laboratorio de calidad de aguas. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 6.



### **3.3.7 Procedimientos para la recuperación de Residuos**

#### **Éter**

La ficha de seguridad describe el procedimiento para la recuperación de Éter generado del parámetro de aceites y grasa. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 7.1.

#### **Benceno**

La ficha de seguridad describe el procedimiento para la recuperación de Benceno generado del parámetro de detergentes. La ficha contiene el objetivo de la marcha de laboratorio, la aplicación, material y equipo, el procedimiento, el equipo de protección personal y anexos. Ver anexo B 7.2.

### **3.4 Disposición final**

La disposición final de los residuos, es el último destino de estos en donde serán tratados para su eliminación. Aquellos residuos que no pueden ser desactivados, ni verter por el desagüe, ni se pueden recuperar deben ser entregados a una empresa autorizada por el Ministerio De Medio Ambiente Y Recursos Naturales para su respectivo tratamiento. Estas empresas son acreditadas por la institución para la eliminación segura y correcta de estos residuos. El Laboratorio de Calidad de Aguas del MARN cuenta con los siguientes residuos que deben ser entregados a una empresa autorizada para que se encargue de su disposición final

<b>Tabla 3.41: Desechos generados durante el tratamiento de residuos</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Tipo de Residuo</b>	<b>Estado físico</b>
<b>Boro</b>	Ácido sulfúrico Concentrado	Líquido
<b>Metales de AA</b>	Filtrado de Metales	Sólido
<b>Nitritos y nitratos</b>	Cadmio	Sólido
<b>Cianuro</b>	Filtrado de fosfatos y varios	Sólido
<b>Fenoles</b>	Filtrado de fosfatos y Varios	Sólido
<b>Sílice-Fosforo total-Fosfatos</b>	Filtrado de molibdato de sodio	Sólido
<b>Cloruros</b>	Filtrado de cromo y plata	Sólido
<b>DQO</b>	Filtrado de cromo, plata y mercurio	Sólido
<b>Sulfato-sulfuros</b>	Filtrado de cromo	Sólido
<b>Detergentes</b>	Filtrado de fosfatos	Sólido
<b>Fluoruros</b>	Filtrado de Arsenito	Sólido
<b>Nitrógeno amoniacal-NTK</b>	Filtrado de mercurio	Sólido
<b>Fuente: Autores</b>		

Estos residuos de tipo especial son tratados por empresas autorizadas por el MARN para su disposición final. A continuación se presenta una lista de empresa autorizadas por el MARN para el tratamiento

<b>Tabla 3.42: Empresa Autorizas por MARN para el tratamiento de desechos</b>		
<b>Empresa</b>	<b>Dirección</b>	<b>Contacto</b>
<b>Almacenamiento todo verde</b>	Planta principal: Antigua Calle a San Nicolás Lempa, Cantón San Antonio Achichilquito, San Vicente. Oficinas: Residencial San Pedro Polígono 9 A Casa 22. Mejicanos. San Salvador	TELÉFONOS: 503 23322300
<b>MIDES</b>	83 Av. Nte y 5 Cl Pte. No 4248 Col Escalón	(503) 22641477
<b>Geocycle</b>	Oficinas Km 25 Carretera de San Salvador a Santa Ana, Lourdes, Colón, La Libertad. Planta: Carretera a Metapán, Plantel San Andrés, Holcim	(503)2505-0000
<b>Fuente: Autores</b>		

Para los residuos sólidos reciclados también pueden ser entregados a empresas autorizadas para la recolección tratamiento de los mismo a continuación se presentan una lista de empresas que ofrecen el servicio.

<b>Tabla 3.43: Empresas Dedicadas el reciclaje de materiales</b>		
<b>Empresa</b>	<b>Dirección</b>	<b>Contacto</b>
<b>MARCEYA S.A. DE C.V.</b>	Carretera a Quezaltepeque Km 13 Entrada a Col Las Margaritas El Salvador, Apopa	Tel: (503) 22167186
<b>Empresa salvadoreña de reciclaje, SA de CV</b>	Carretera a San Marcos Km 4 1/2 Col El Milagro No 5 San Marcos	Tel: (503) 22206230
<b>INVEMA</b>	Carretera a agua caliente Kilometro 5 1/2 El Salvador, Soyapango	Tel: (503) 21211400
<b>Fuente: Autores</b>		

### **3.5 Metodología evaluación de la gestión del tratamiento de residuos y desechos generados en el Laboratorio de Calidad de Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.**

**Objetivo: evaluar el funcionamiento de la gestión de residuos y desechos generados en el laboratorio.**

A continuación se muestra en la tabla 3.43, la evaluación a aplicar para obtener el grado de cumplimiento de los diferentes segmentos de la seguridad en cuanto a la gestión de los residuos y desechos en cada área del Laboratorio, la cual permitirá realizar esfuerzos para mejorar el sistema propuesto en este trabajo.

**Tabla 3.44: Tabla de evaluación de gestión de residuos**

			Nota global
Gestión		24%	
Ítems	%	nota	
Control de residuos líquidos generados	25		
Control de residuos sólidos generados	25		
Control de documentación de los análisis realizados	20		
Uso adecuado de reactivos	10		
Uso adecuado de muestras a desechar	20		
<i>Sumatoria</i>	100		
Almacenamiento temporal y final		24%	
Adecuado etiquetado	30		
Almacenamiento temporal	25		
Almacenamiento final tanto de residuos como de reactivos vencidos	25		
Cumplimiento con el tiempo de almacenamiento	20		
<i>Sumatoria</i>	100		
Tratamiento		24%	
Adecuado procedimiento el tratamiento de líquidos	40		
Adecuado procedimiento el tratamiento de sólidos	40		
Accidentes ocurridos en la disposición	20		
<i>Sumatoria</i>	100		
Seguridad dentro del laboratorio		24%	
Uso adecuado de protección personal	50		
Uso adecuado de seguridad industrial	50		
<i>Sumatoria</i>	100		
Auto evaluación		4%	
Nota de auto evaluación	100		
Total			

Fuente: Secretaria de ambiente y desarrollo sustentable, Republica de Argentina

A cada segmento de evaluación se le ha dado una ponderación, esto para evaluar cada área, con el fin de mejorar las técnicas de operación, a continuación se detalla cada uno de los segmentos.

**Gestión**, en este segmento se evalúan aspectos generales, para tener un control de los residuos, tanto líquidos como sólidos, el cual posee los siguientes ítems.

- Control de residuos líquidos generados.

Este permite tener un control sobre los residuos líquidos generados dentro del laboratorio de calidad de agua,

- Control de residuos sólidos generados.

Este se evalúa a través de un control periódico de los residuos sólidos generados dentro del laboratorio de calidad de agua.

- Control de documentación de los análisis realizados.

El control de los residuos generados tanto sólidos como líquidos deben ser documentados, para poder medir capacidades dentro del laboratorio, y poder tener estadísticas sobre la generación de residuos y de sus análisis.

- Uso adecuado de reactivos.

Orientado a la minimización del uso de reactivos en las determinaciones de los análisis, sin descuidar la calidad de los mismos.

- Uso adecuado de muestras preservadas a desechar.

Muchas de las muestras a desechar pueden ser utilizadas para la nivelación de pH de residuos, por lo que es una buena alternativa que el operario utilice muestras a desechar para tal fin.

**Almacenamiento temporal y final**, este segmento de evaluación está destinado al adecuado almacenamiento de los residuos y desechos, y posee los siguientes ítems.

- Adecuado etiquetado.

Evaluación del adecuado llenado de etiquetas tanto para residuos líquidos y sólidos, por parte del personal del laboratorio.

- Almacenamiento temporal.

Este ítem evalúa el adecuado almacenamiento temporal, el cual debe cumplir lo mejor posible las medidas establecidas en dicho almacenamiento.

- Almacenamiento final tanto de residuos como de reactivos vencidos.

Evalúa el almacenamiento final, el cual debe cumplir lo mejor posible las medidas establecidas para el almacenamiento final.

- Cumplimiento con el tiempo de almacenamiento.

Esta referido a que los residuos no pasen demasiado tiempo almacenados para recibir el tratamiento y que una vez realizado, efectuar la disposición final.

**Tratamiento**, referido al procedimiento de tratamiento de los residuos; cuenta con los siguientes ítems.

- Adecuado procedimiento de tratamiento de líquidos.  
Cumplimiento con los procedimientos para el tratamiento y disposición de líquidos generados dentro del laboratorio de calidad de agua.
- Adecuado procedimiento de tratamiento de sólidos.  
Cumplimiento con los procedimientos para el tratamiento y disposición de sólidos generados en el laboratorio de calidad de agua.
- Accidentes ocurridos en el tratamiento y disposición final.  
Evidenciar los daños y establecer la frecuencia de accidentes o casi accidentes, y la forma de minimizar los riesgos a que estos ocurran.

**Seguridad dentro del laboratorio**, orientado a la implementación de medidas de seguridad en el manejo y tratamiento de residuos y desechos.

- Uso adecuado de protección personal.  
La portación y uso adecuado de protección personal en el manejo y tratamiento de residuos y desechos.
- Uso adecuado de seguridad industrial.  
Conocimiento e implementación de la seguridad industrial.

**Auto evaluación**, calificación del técnico aplicado al sistema: Gestión del tratamiento, disposición, seguridad e higiene ocupacional

- Nota de auto evaluación.  
Calificación de desempeño de operación.

### Forma de evaluación

Por su importancia todos los segmentos a evaluar tienen la misma ponderación el cual es del 24%, excepto el de auto evaluación que tiene una ponderación del 4%.

Dentro de cada segmento hay una serie de ítems que se calificaran con notas de 2, 4, 6, 8 y 10 (encontrando su significado en la tabla 3.43), estas serán multiplicadas por la ponderación establecida en la tabla mostrada a continuación, teniendo nota máxima 10 para cada segmento, que tendrá que ser multiplicada por su ponderación (de 0.24 ó 0.04 este último para el de auto evaluación), finalmente todas las notas de los diferentes segmentos serán sumadas para obtener la calificación global.

*Tabla 3.45 Calificación y desempeño de la evaluación.*

Nota	Significado
2	Total ausencia de cumplimiento
4	Mal cumplimiento
6	Regular cumplimiento
8	Buen cumplimiento
10	Excelente cumplimiento

Fuente: Autores

## Ejemplo de cálculo.

Tabla 3.46: Ejemplo de Calculo

				Nota global
Gestión			24%	1.44
Ítems	%	nota		
Control de residuos líquidos generados	25	6		
Control de residuos sólidos generados	25	6		
Control de documentación de los análisis realizados	20	8		
Uso adecuado de reactivos	10	6		
Uso adecuado de muestras a desechar	20	4		
<i>Sumatoria</i>	100	6		
Almacenamiento temporal y final			24%	2.16
Adecuado etiquetado	30	10		
Almacenamiento temporal	25	8		
Almacenamiento final tanto de residuos como de reactivos vencidos	25	8		
Cumplimiento con el tiempo de almacenamiento	20	10		
<i>Sumatoria</i>	100	9		
Tratamiento			24%	1.72
Adecuado procedimiento de disposición de líquidos	40	8		
Adecuado procedimiento de disposición de sólidos	40	6		
Accidentes ocurridos en a disposición	20	8		
<i>Sumatoria</i>	100	7.2		
Seguridad dentro del laboratorio			24%	1.92
Uso adecuado de protección personal	50	8		
Uso adecuado de seguridad industrial	50	8		
<i>Sumatoria</i>	100	8		
Auto evaluación			4%	0.32
Nota de auto evaluación	100	8		
Total				7.56

Fuente: Autores

Nota: El técnico tiene un buen cumplimiento de gestión de residuos y desechos.



### Ejemplo de cálculo detallado

Gestión			Nota global
		24%	1.44
Ítems	%	nota	
Control de residuos líquidos generados	25	6	
Control de residuos sólidos generados	25	6	
Control de documentación de los análisis realizados	20	8	
Uso adecuado de reactivos	10	6	
Uso adecuado de muestras a desechar	20	4	
<i>Sumatoria</i>	100	6	

Para cada ítem, la nota debe ser multiplicada por cada ponderación (6 X 0.25) después deben ser sumadas en este caso la nota del segmento fue de 6 esta debe ser multiplicada por la ponderación del segmento que es de 24% (6 X 0.24), por último las notas globales serán sumadas.

# CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

## 4. Análisis de Resultados

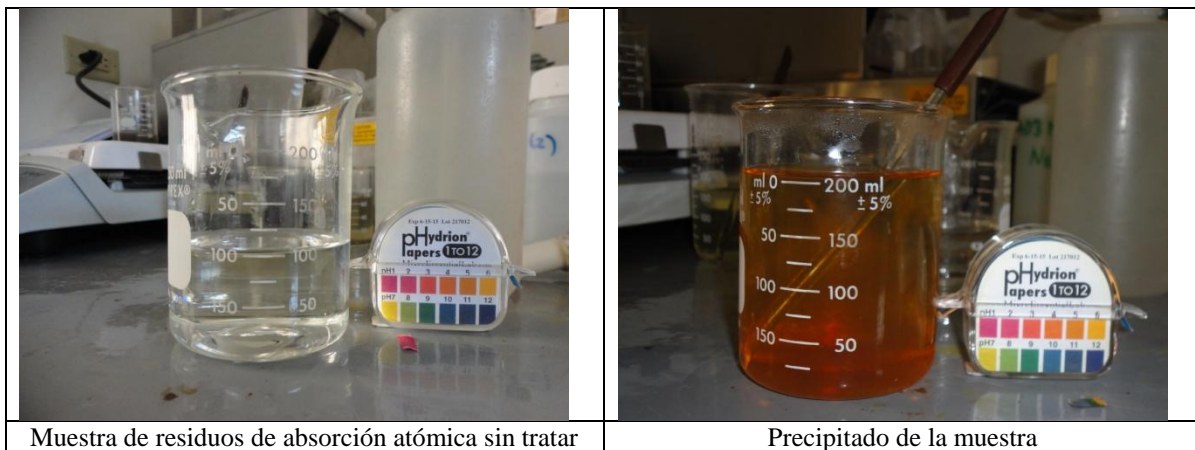
### 4.1 Área de Absorción Atómica

#### 4.1.1 Metales pesados

Dentro de esta área del laboratorio los residuos de los análisis se encuentran en un mismo contenedor, por lo que se realizó un tratamiento por área y no por parámetro, los resultados se presentan a continuación: donde se realizaron pruebas de calidad, para determinar la concentración de los diferentes metales que se analizan en el área de absorción atómica contenidos en los residuos.

Se tomó una muestra de 100 mL de residuo y se agregó 110 mL de hidróxido de sodio al 3.5 M hasta que cambio de color y se forma un precipitado.

La solución se filtró y el líquido se neutralizo con ácido nítrico.



Muestra de residuos de absorción atómica sin tratar

Precipitado de la muestra

*Figura 4.1. Tratamiento de residuos del área de absorción atómica*

Fuente Autores

La muestra luego de filtrarla se analizó, a continuación se presentan los resultados:

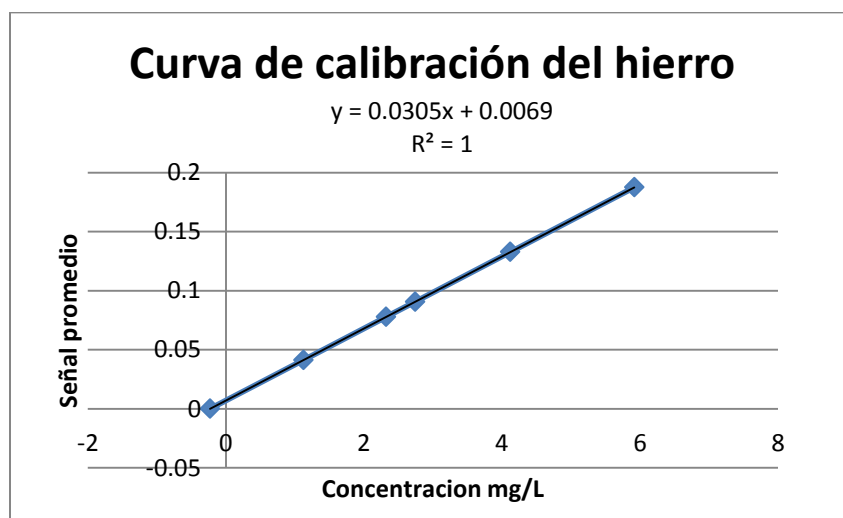
#### 4.1.1.1 Concentración de hierro en residuos tratados del área de absorción atómica.

La concentración del hierro se determinó con el equipo de absorción atómica, del modelo Analyst AA700 se obtuvieron las siguientes concentraciones y absorbancias para la curva de calibración del elemento hierro.

Tabla 4.1: Concentración y absorbancia de curva de calibración para hierro

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
BNK	-0.229	0
STD 1	1.124	0.0412
STD 2	2.32	0.0777
STD 3	2.744	0.0906
STD 4	4.122	0.1327
STD 5	5.92	0.1875

Fuente: Autores



Gráfica 4-1: curva de calibración para el hierro

Fuente: Autores

Después de la realización de la curva de calibración, se realizan la medición de la muestra por duplicado y la muestra no tratada por duplicado dando los siguientes resultados donde

la Normativa para Regular Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario, presenta un valor límite para el hierro el cual es de 20 mg/L.

*Tabla 4.2. Concentraciones de la muestra de hierro*

	Concentración mg/L	Normativa de ANDA mg/L
<b>Muestra tratada</b>	0.179	20
	0.176	20
<b>Muestra no tratada</b>	141.15	20
	140.7	20

Fuente: Autores

Se muestra una significativa reducción del 99.87% del hierro en los residuos tratados del área de absorción atómica, en comparación con los residuos no tratados.

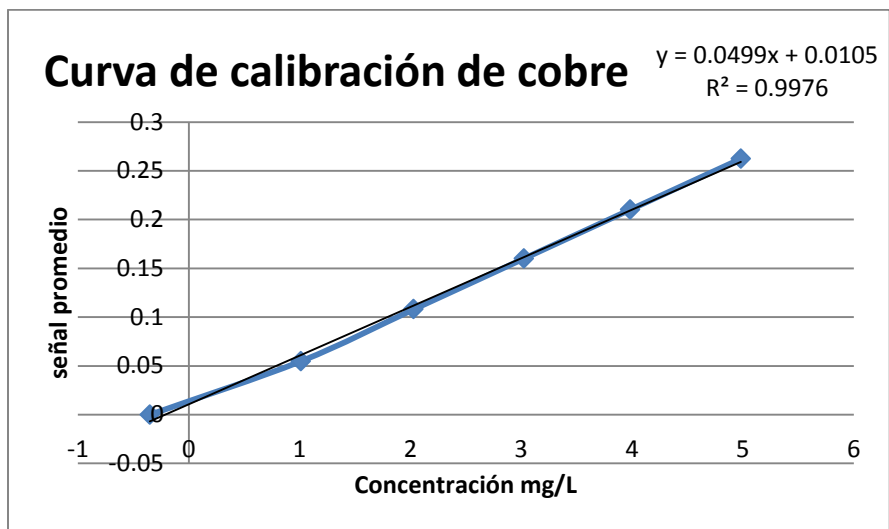
#### **4.1.1.2 Concentración de cobre en residuos tratados del área de absorción atómica.**

La concentración del cobre se determinó utilizando un equipo de absorción atómica y se obtuvieron los siguientes resultados de concentración y absorbancia para la curva de calibración para el cobre.

*Tabla 4.3: Concentración y absorbancia de curva de calibración para cobre.*

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
<b>BNK</b>	-0.35	0
<b>STD 1</b>	1.012	0.0548
<b>STD 2</b>	2.03	0.108
<b>STD 3</b>	3.026	0.1601
<b>STD 4</b>	3.984	0.2102
<b>STD 5</b>	4.982	0.2624

Fuente: Autores



Gráfica 4-2: curva de calibración para el cobre

Fuente: Autores

A continuación se presentan las concentraciones para la muestra tratada y la no tratada, se comprobó con la Normativa para Regular Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario donde se muestra el valor límite para el cobre el cual es de 3 mg/L

Tabla 4.4. Concentraciones de la muestra de cobre

	Concentración mg/L	Normativa de ANDA mg/L
<b>Muestra tratada</b>	0.107	3
	0.104	3
<b>Muestra no tratada</b>	0.192	3
	0.192	3

Fuente: Autores

El porcentaje de reducción del cobre es del 44.27% de la muestra tratada en comparación con la muestra no tratada, los resultados de la muestra no tratada cumplen con lo requerido por la normativa vigente.

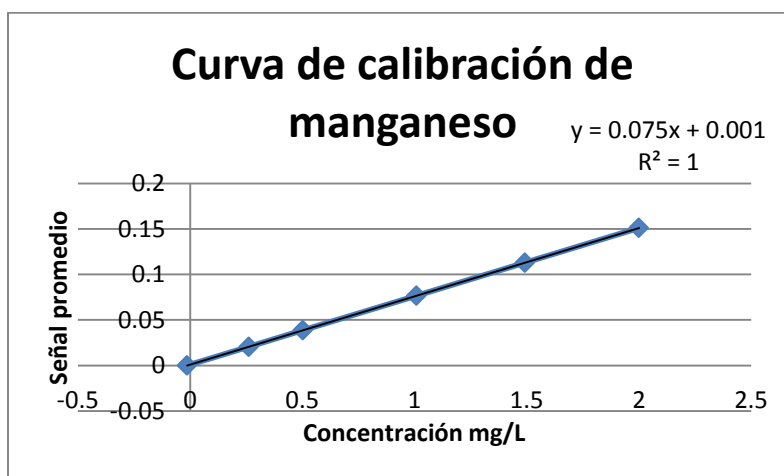
#### 4.1.1.3 Concentración de manganeso en residuos tratados del área de absorción atómica.

Los valores medidos de concentración y absorbancia para la curva de calibración del manganeso son obtenidos utilizando un equipo de absorción atómica, y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.5: Concentración y absorbancia de curva de calibración para manganeso.

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
BNK	-0.014	0
STD 1	0.261	0.0206
STD 2	0.503	0.0388
STD 3	1.009	0.0767
STD 4	1.492	0.113
STD 5	2	0.1511

Fuente: Autores



Gráfica 4-3: curva de calibración para el manganeso

Fuente: Autores

Además de la curva de calibración se presentan las concentraciones de manganeso en los residuos del área de absorción atómica, además del valor mínimo permisible para disponer al alcantarillado sanitario el cual es de 4 mg/L.

Tabla 4.6. Concentraciones de la muestra de manganeso

	Concentración mg/L	Normativa de ANDA mg/L
<b>Muestra tratada</b>	0.043	4
	0.06	4
	0.066	4
<b>Muestra no tratada</b>	5.02	4

Fuente: Autores

El porcentaje de reducción del manganeso es del 98.80% de la muestra tratada en comparación de la muestra no tratada.

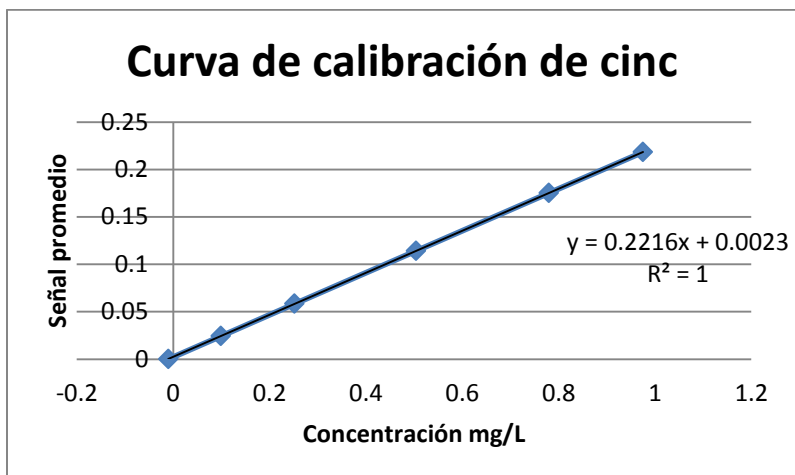
#### 4.1.1.4 Concentración de cinc en residuos tratados del área de absorción atómica

La concentración del cinc se determinó con un equipo de absorción atómica se obtuvieron las siguientes concentraciones y absorbancias correspondiente a la curva de calibración para el cinc.

Tabla 4.7: Concentración y absorbancia de curva de calibración para cinc.

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
<b>BNK</b>	-0.01	0
<b>STD 1</b>	0.099	0.0242
<b>STD 2</b>	0.252	0.0583
<b>STD 3</b>	0.504	0.1141
<b>STD 4</b>	0.78	0.1752
<b>STD 5</b>	0.975	0.2183

Fuente: Autores



Gráfica 4-4 : curva de calibración para el cinc.

Fuente: Autores

A continuación se presentan la concentración de cinc en los residuos de absorción atómica, el límite permisible del cinc para ser desechado en el alcantarillado sanitario es de 5 mg/L.

Tabla 4.8. Concentraciones de la muestra de cinc

	concentración mg/L	Normativa de ANDA mg/L
<b>Muestra tratada</b>	0.081	5
	0.083	5
<b>Muestra no tratada</b>	0.487	5
	0.485	5

Fuente: Autores

Se muestra un porcentaje de reducción del 83.12% del cinc en los residuos tratados a comparación con los residuos no tratados, tanto muestra trata y la no tratada cumplen con la normativa vigente.



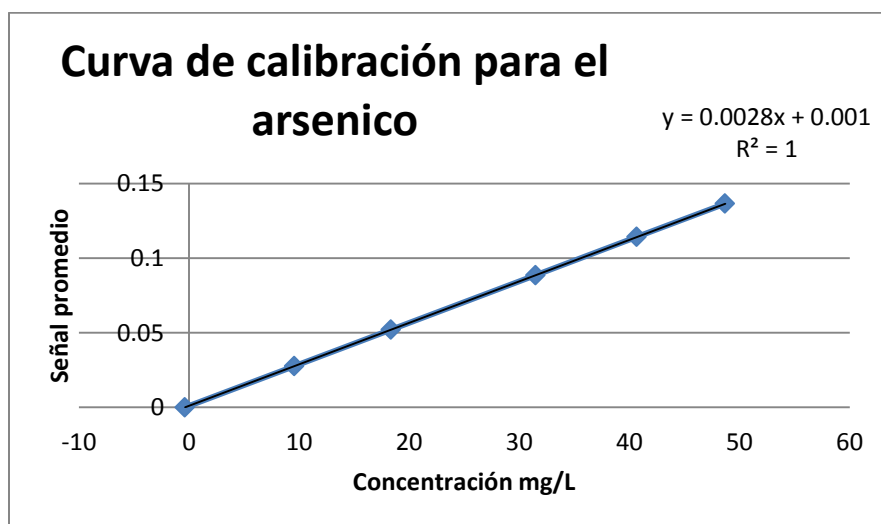
#### 4.1.1.5 Concentración de arsénico en residuos tratados del área de absorción atómica

A continuación se muestra una tabla resumen con los valores de concentración y absorbancia de arsénico en la curva de calibración, mediante un equipo de absorción atómica

Tabla 4.9: Concentración y absorbancia de curva de calibración para arsénico.

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
BNK	-0.362	0
STD 1	9.552	0.0276
STD 2	18.353	0.0521
STD 3	31.477	0.0886
STD 4	40.647	0.1142
STD 5	48.686	0.1365

Fuente: Autores



Gráfica 4-5: curva de calibración para el arsénico.

Las concentraciones de arsénico en los residuos se presentan a continuación, además del valor límite permisible según la Normativa para Regular Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario el cual es de 1 mg/L.

Tabla 4.10. Concentraciones de la muestra de arsénico

	Concentración mg/L	Normativa de ANDA mg/L
Muestra tratada	0.0642	1
Muestra no tratada	0.23645	1

Fuente: Autores

Los valores de concentración muestran una significativa reducción del arsénico el cual es del 72.98% de la muestra tratada a comparación de la muestra no tratada.

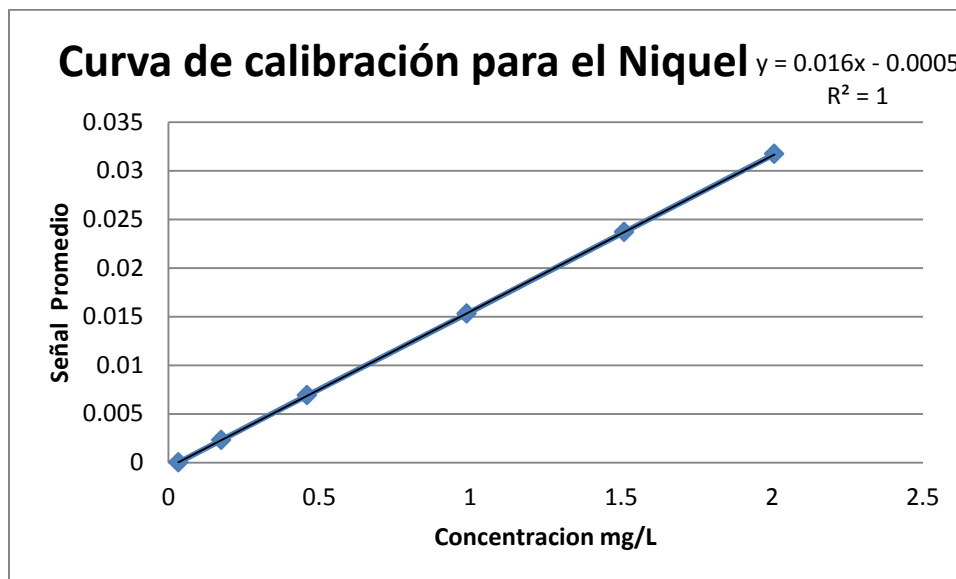
#### 4.1.1.6 Concentración de níquel en residuos tratados del área de absorción atómica.

A continuación se muestra en la tabla los valores de las concentraciones y absorbancias para la elaboración de la curva de calibración del níquel.

Tabla 4.11: Concentración y absorbancia de curva de calibración para níquel.

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
BNK	0.033	0
STD 1	0.175	0.0023
STD 2	0.46	0.0069
STD 3	0.989	0.0153
STD 4	1.511	0.0237
STD 5	2.008	0.0317

Fuente: Autores



Gráfica 4-6: curva de calibración para el níquel

Fuente: autores

Luego de obtener la curva de calibración para el níquel, se presentan las concentraciones de níquel en los residuos provenientes de área de absorción atómica, además se muestra el límite permisible según normativa nacional.

Tabla 4.12. Concentraciones de la muestra de níquel

	Concentración mg/L	Normativa mg/L
<b>Muestra tratada</b>	0.359	4
	0.203	4
<b>Muestra no tratada</b>	-102	4
	-911	4

Fuente. Autores

Para la muestra tratada se muestran valores negativos debido a la no presencia del elemento medido, donde el límite permisible para níquel es menor de 0.00468, y los valores de la muestra tratada son mayores, lo que nos indica que el método no funciona para la precipitación de este elemento.

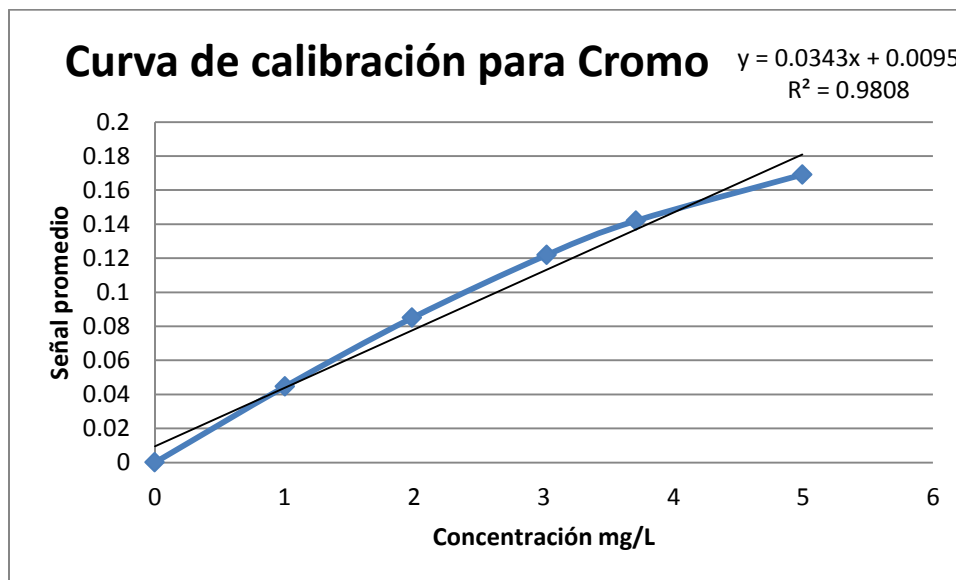
#### 4.1.1.7 Concentración de cromo en residuos tratados del área de absorción atómica.

A continuación se presentan los valores para la curva de calibración de cromo, medidos por el equipo de absorción atómica.

Tabla 4.13: Concentración y absorbancia de curva de calibración para cromo.

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
BNK	0	0
STD 1	1.003	0.0446
STD 2	1.983	0.0849
STD 3	3.022	0.1219
STD 4	3.71	0.142
STD 5	4.993	0.1691

Fuente: Autores



Gráfica 4-7: Curva de calibración para el cromo

Fuente: Autores

A continuación se presentan los valores de concentración de cromo para los residuos provenientes del área de absorción atómica, además del límite permisible según normativa nacional.

Tabla 4.14. Concentraciones de la muestra de cromo

	concentración mg/L	Normativa mg/L
<b>Muestra no tratada</b>	0.069	3
	0.071	3
<b>Muestra tratada</b>	0.089	3
	0.084	3

Fuente. Autores

Los valores de concentración de la muestra tratada son mayores que los de la muestra no tratada, lo que indica que el método no funciona para este elemento.

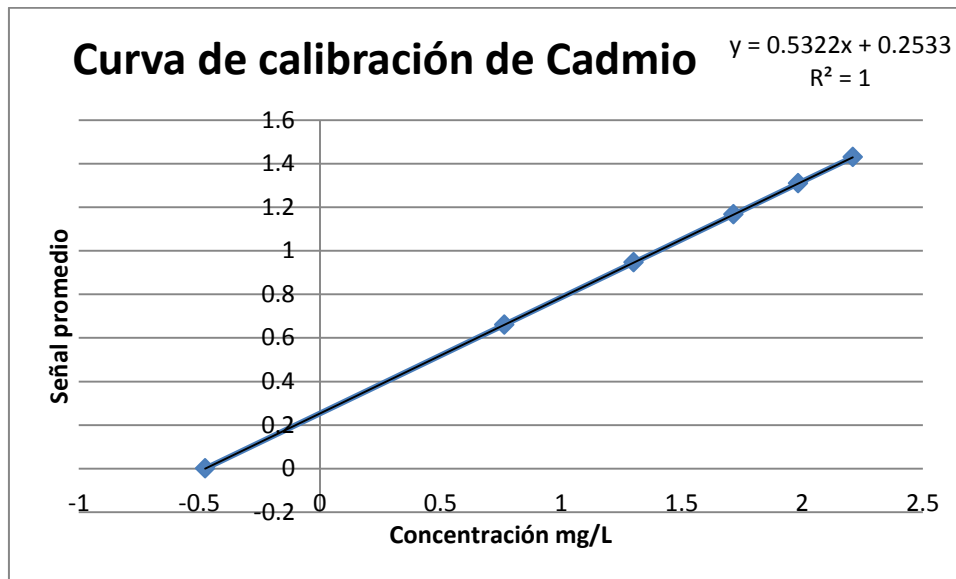
#### 4.1.1.8 Concentración de cadmio en residuos tratados del área de absorción atómica.

En la siguiente tabla se presentan los valores de concentración y absorbancia para la curva de calibración del cadmio medidos en equipo de absorción atómica.

Tabla 4.15: Concentración y absorbancia de curva de calibración para cadmio.

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
<b>BNK</b>	-0.476	0
<b>STD 1</b>	0.765	0.6604
<b>STD 2</b>	1.302	0.946
<b>STD 3</b>	1.716	1.1664
<b>STD 4</b>	1.983	1.3088
<b>STD 5</b>	2.21	1.4294

Fuente: Autores



Gráfica 4-8: curva de calibración para el cadmio  
Fuente: Autores

Tabla 4.16. Concentraciones de la muestra de cromo

	Concentración mg/L	Normativa mg/L
<b>Muestra tratada</b>	-0.005	1
	-0.006	1
<b>Muestra no tratada</b>	0.00164	1
	0.00136	1

Fuente: Autores

Como se puede observar en el cuadro anterior la muestra tratada presenta valores negativos debido a que se sobrepasa del valor de detección para el cadmio el cual es de 0.000196, por lo que los valores de la muestra tratada están dentro de la normativa vigente.

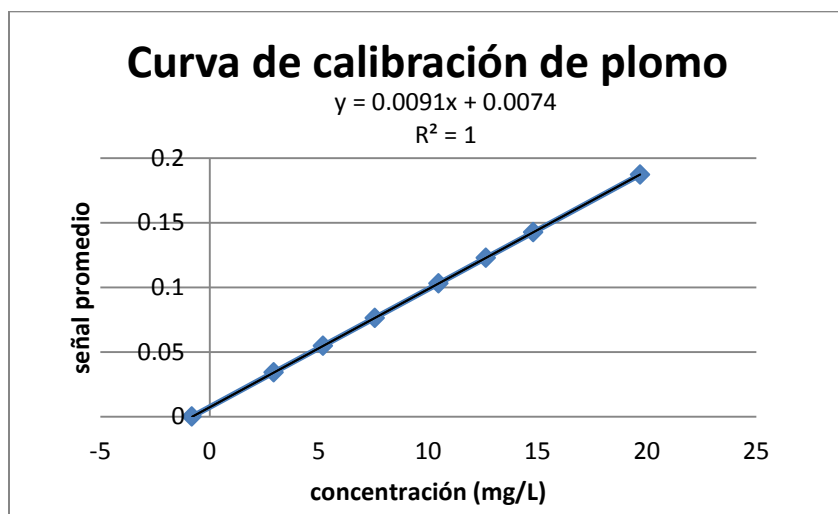
#### 4.1.1.9 Concentración de plomo en residuos tratados del área de absorción atómica

Con el equipo de absorción atómica, se obtuvieron las concentraciones y absorbancias para la curva de calibración para el plomo, mostrados a continuación:

Tabla 4.17: Concentración y absorbancia de curva de calibración para plomo

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
BNK	-0.805	0
STD 1	2.937	0.0342
STD 2	5.19	0.0548
STD 3	7.561	0.0764
STD 4	10.472	0.103
STD 5	12.643	0.1229
STD 6	14.807	0.1426
STD 7	19.694	0.1873

Fuente: Autores



Gráfica 4-9: curva de calibración para el plomo.

Fuente: Autores

Luego de la curva de calibración el equipo de absorción atómica mide los valores de concentración de plomo en los residuos, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 4.18. Concentraciones de la muestra de plomo

	Concentración mg/L	Normativa de ANDA mg/L
<b>Muestra tratada</b>	0.00898	1
	0.00422	1
<b>Muestra no tratada</b>	0.01502	1
	0.01455	1

Fuente: Autores

El porcentaje de reducción de las concentraciones de plomo es del 54.55% para la muestra tratada en comparación con la muestra no tratada, cumpliendo con la normativa del límite permisible el cual es del 1 mg/L.

#### 4.1.1.10 Concentración de aluminio en residuos tratados del área de absorción atómica

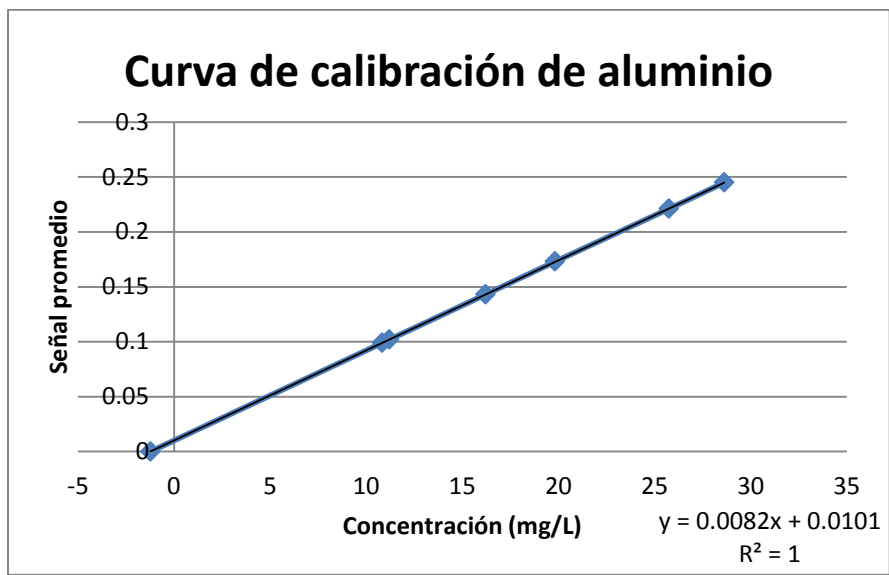
A continuación se muestra una tabla con los valores de concentración y de absorbancia para la curva de calibración para determinación de aluminio.

Tabla 4.19: Concentración y absorbancia de curva de calibración para aluminio.

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
<b>BNK</b>	-1.226	0
<b>STD 1</b>	11.201	0.102
<b>STD 2</b>	10.839	0.099
<b>STD 3</b>	16.203	0.143
<b>STD 4</b>	19.827	0.173
<b>STD 5</b>	25.738	0.221
<b>STD 6</b>	28.619	0.245

Fuente: Autores





Gráfica 4-10: Curva de calibración para el aluminio

Fuente: Autores

A continuación se muestra los datos de concentración de aluminio en ppm para la muestra tratada, y para la muestra no tratada, además se muestra el valor límite según normativa nacional para desechar al alcantarillado, concentraciones de aluminio.

Tabla 4.20. Concentraciones de la muestra de aluminio

	concentración mg/L	Normativa de ANDA mg/L
<b>Muestra tratada</b>	42.8	10
	42.95	10
<b>Muestra no tratada</b>	189	10
	174.75	10

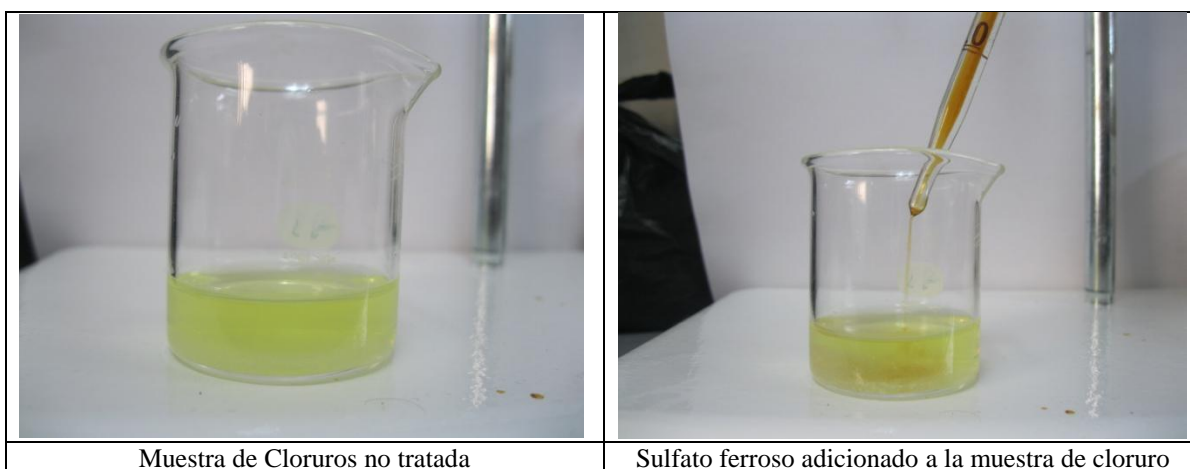
Fuente: Autores

La concentración de aluminio presente en la muestra tratada no es apta para ser desechada por el alcantarillado, por sobrepasar los valores de concentración de aluminio, según la Normativa para Regular Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario, sin embargo el porcentaje de reducción es del 76.42%.

## 4.2 Área de Análisis Fisicoquímico primera planta

### 4.2.1 Cloruros

Los residuos generados por el parámetro de cloruros, poseen una alta dosis de cromo en forma de cromatos, para eliminarlo es necesario convertir los Cromato a Dicromato y luego reducir el  $\text{Cr}^{+6}$  a  $\text{Cr}^{+3}$  para luego precipitarlo.

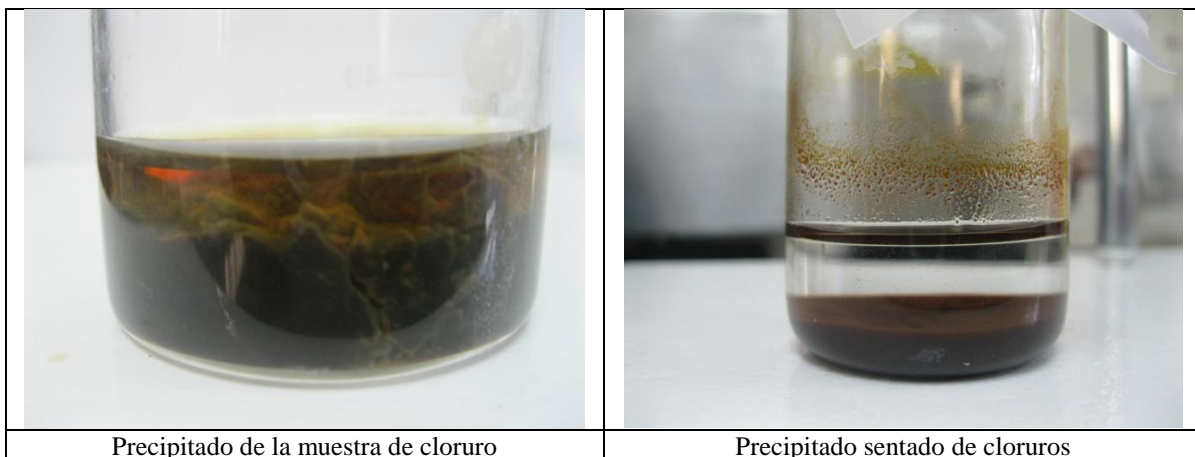


*Figura 4.2. Tratamiento de Residuos de cloruro*

Fuente: Autores

A continuación se detalla el procedimiento utilizados para este tratamiento

- ✓ Para la prueba se tomó 30 mL de muestra de residuo con color amarillo
- ✓ Al medirle el pH se obtuvo un valor de 5, se agregó 20 mL de ácido nítrico al 1.25 % para llegar el pH a 1, ya con un pH ácido se le agregó 5 mL de solución de sulfuro ferroso al 0.5 M para reducir el  $\text{Cr}^{+6}$  a  $\text{Cr}^{+3}$ .
- ✓ Al agregar el sulfuro ferroso se observó un cambio de color, pero se mantuvo el pH a 1. Se adicionó hidróxido de sodio al 1.25 M, al adicionar pocas cantidades se observó un cambio de color y la solución se volvió más oscura hasta que se formó un lodo café, para luego formarse el precipitado.
- ✓ No se reportó un cambio de temperatura en este proceso. La cantidad de hidróxido gastado fue de 19 mL y el pH alcanzado fue de 11.



*Figura 4.3. Precipitado de residuos de cloruros*

Fuente: Autores

La solución se filtra y el líquido remanente se analizó para determinar la presencia de Cromo total en la solución, el resultado se muestra en la siguiente tabla:

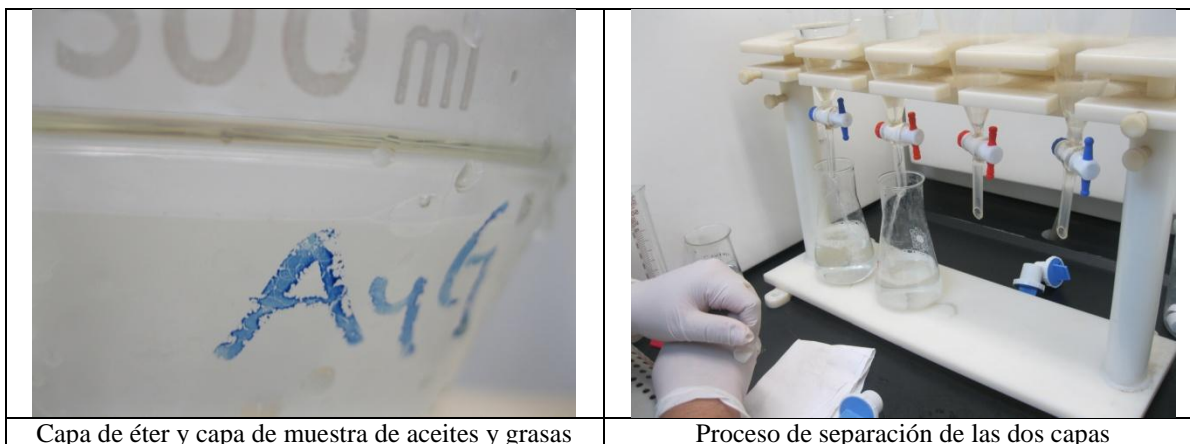
<i>Tabla 4.21 . Concentración de cromo total de la muestra de Cloruros</i>		
<b>Muestra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Normativa de Anda</b>
<b>Muestra no trata</b>	83.5 mg/L	3 mg/L
<b>Muestra tratada</b>	0.064 mg/L	3 mg/L
<b>Fuente: Autores</b>		

El tratamiento elimino el 99.92% del cromo presente en la muestra, con una cantidad final de cromo total de 0.064 mg/L.

#### **4.2.2 Recuperación de éter.**

La recuperación del éter, es una operación unitaria que llevo a cabo por medio de la destilación.

En el proceso de recuperación de Éter se montó un equipo de destilación adentro de la cámara de extracción de gases del área de fisicoquímica primera planta. El éter es un compuesto químico utilizado en el análisis del parámetro de Aceites y grasas, el cual se tiene que recuperar durante el proceso que se analiza dicho parámetro.

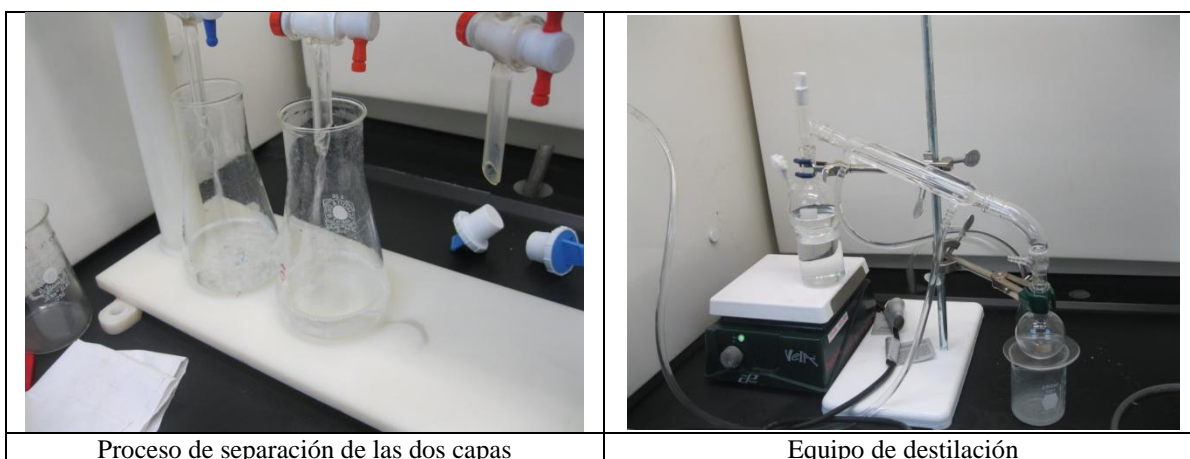


**Figura 4.4. Proceso de recuperación de Éter**

Fuente: Autores

El procedimiento utilizado se describe a continuación:

- ✓ A una cantidad de 300 mL de muestra de aceites y grasas se le colocó 60 mL de Éter en dos etapas; la primera etapa se coloca 30 mL de Éter en la muestra y se agita contantemente.
- ✓ Luego se separa la capa de éter y a la muestra se le agrega de nuevo otros 30 mL de Éter y se repite el proceso.



**Figura 4.5. Montaje de del equipo de destilación**

Fuente: Autores

- ✓ En un balón ya preparado, se coloca el Éter a destilar.
- ✓ El balón se coloca en un baño María, y se calienta hasta alcanzar una temperatura de 40-50° C que es el punto de ebullición de dicho componente.

- ✓ El proceso de destilación se completó en 24 minutos. Y se logró recuperar 49 mL de éter.

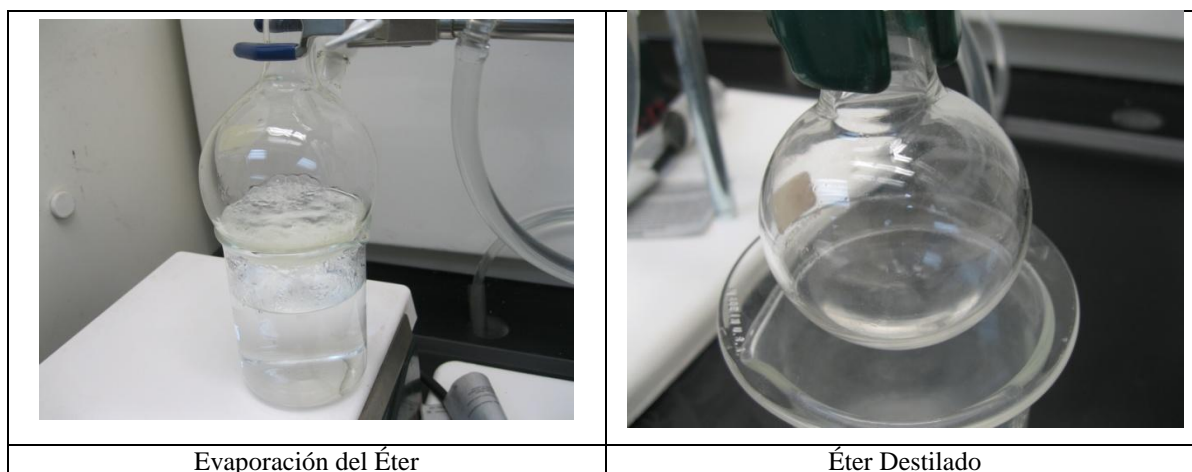
El tiempo de destilación de presenta en la siguiente tabla:

<b>Tabla 4.22 . Duración de proceso de destilación</b>	
<b>Tiempo de inicio</b>	11.31 Am
<b>Tiempo final</b>	11.55 Am
<b>Fuente Autores</b>	

Volumen de Éter Recuperado en el proceso de destilación de presenta en la siguiente tabla:

<b>Tabla 4.23. Volumen de Éter Recuperado</b>	
<b>Volumen Inicial</b>	60 mL
<b>Volumen final</b>	49 mL
<b>Fuente: Autores</b>	

Por medio de la destilación se puede recuperar el 82% de Éter. Un rendimiento aceptable considerando que una pequeña cantidad de Éter puede quedarse en la muestra y en las paredes del destilado. El proceso de destilación es viable, pero se debe diseñar un sistema de múltiple de destilación debida a que el proceso de análisis se realiza dos o más muestras de forma simultánea.

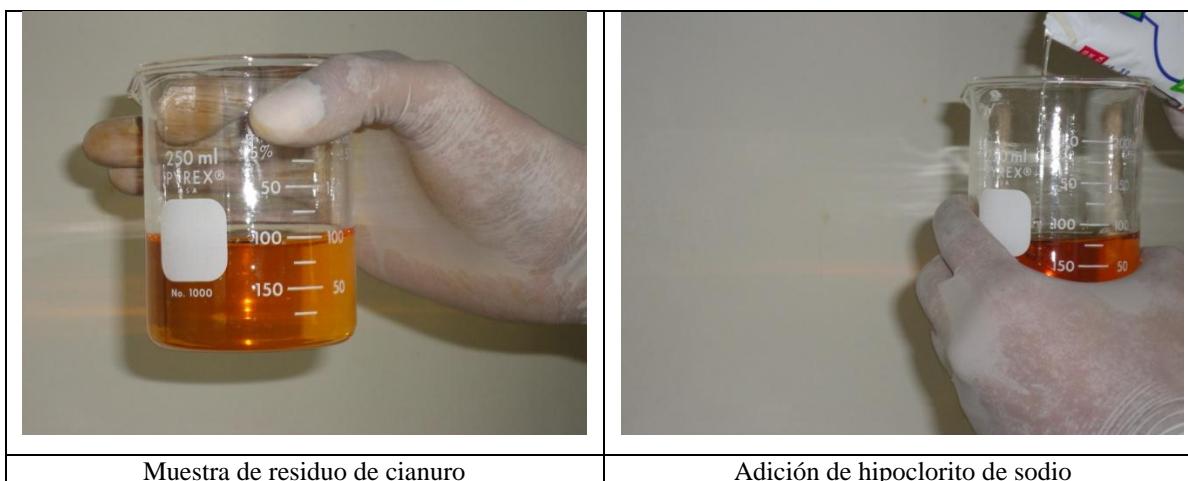


*Figura 4.6. Etapa de destilación de Éter*  
Fuente: Autores

### 4.3 Área de Análisis Fisicoquímico de la segunda planta.

#### 4.3.1 Cianuros

El parámetro cianuros genera residuos que poseen varios grupos de cianuro un elemento nocivo y letal para los seres vivos. Cabe destacar que posee una pequeña cantidad de Fosfatos en su contenido que hay que eliminar.

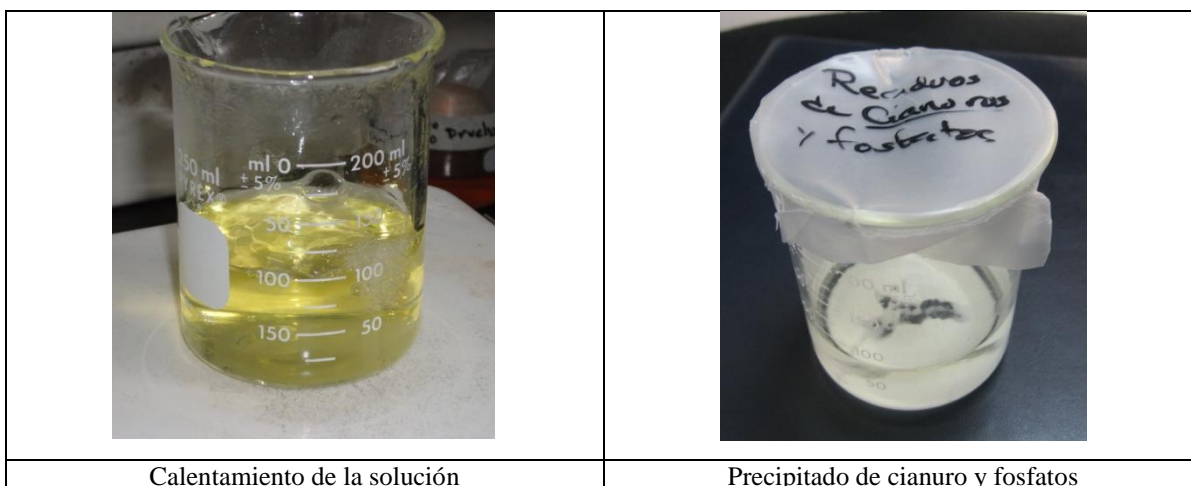


*Figura 4.7. Tratamiento de residuos del parámetro de Cianuros*

Fuente: Autores

El procedimiento utilizado se describe a continuación:

- ✓ Se tomaron 20 mL de muestra de residuo de cianuro
- ✓ Al medir el pH se obtuvo un valor de 10, aunque el pH es básico se agregó 5 mL de hidróxido de sodio al 1.25 M, para subirlo a 12 y garantizar que no baje a un pH de 10.
- ✓ Luego se adiciono 10 mL de hipoclorito de sodio y se puso a calentar por 10 minutos.



**Figura 4.8. Etapa de tratamiento de residuos de cianuros**

Fuente: Autores

- ✓ La solución generó una pérdida de color y se adicionó 0.2 g de hidróxido de calcio para generar el precipitado.
- ✓ Se agitó bien y se dejó reposar por 24 horas para que precipitara.
- ✓ Al filtrarlo se adicionó ácido nítrico al 1.25 M, para neutralizar la solución, el volumen gastado fue de 9.8 mL.

Luego de medir la cantidad de fosfatos y cianuro presente en la muestra, los resultados se presentan en la siguiente tabla:

<i>Tabla 4.24. concentración de cianuro y fosfato en la muestra tratada de cianuros</i>		
Elemento	Cantidad	Normativa de ANDA
<b>Cianuro</b>	0.01 mg/L	1 mg/L
<b>fosfato</b>	0.07 mg/L	N/D
<b>Fuente: Autores</b>		

Esta cantidad de cianuro está muy por debajo de la permisible por la norma técnica de aguas de tipo especial de ANDA que permite hasta una concentración de 1 mg/L. Por lo que es aceptable.

### 4.3.2 Cromo hexavalente.

Los residuos generados por el análisis del parámetro cromo hexavalente, es de color naranja, la característica principal de estos residuos es el alto grado de acidez aproximadamente a un pH de 1. Los ingredientes activos (pirosulfato de potasio, sulfato de magnesio y otros componentes) no presentan una alta peligrosidad, por lo que solo será necesaria la neutralización.

El procedimiento utilizado se describe a continuación:

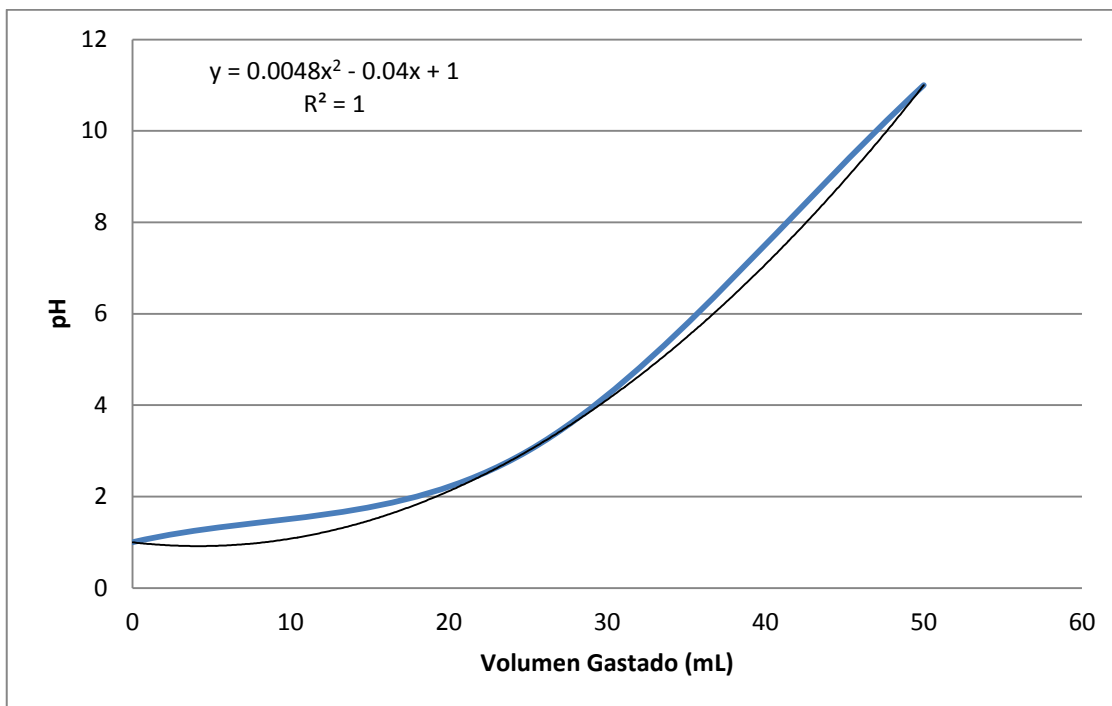
- ✓ Para la neutralización se tomó una cantidad de 25 mL de residuo
- ✓ Se le agrego dosis de hidróxido de sodio a 1.25 M para neutralizarlo

A continuación se presenta una tabla de volumen gastado y pH obtenido.

<i>Tabla 4.25. Volumen Gastado de NaOH</i>	
<b>Vg (mL)</b>	<b>pH</b>
<b>0</b>	1
<b>25</b>	3
<b>50</b>	11
<b>Fuente: Autores</b>	

A continuación se presenta el grafico y la ecuación de regresión de la misma





Gráfica 4-11 volumen gastado en la neutralización de los residuos  
Fuente: Autores

La ecuación de regresión de esta grafica con un  $R^2 = 1$  es la siguiente:

$$\text{pH} = 0.0048V_g^2 - 0.04V_g + 1$$

De esta ecuación podemos obtener el volumen aproximado de NaOH con una concentración de 1.25 M, para neutralizar el residuo de cromo hexavalente, para un rango de un pH de 6-8

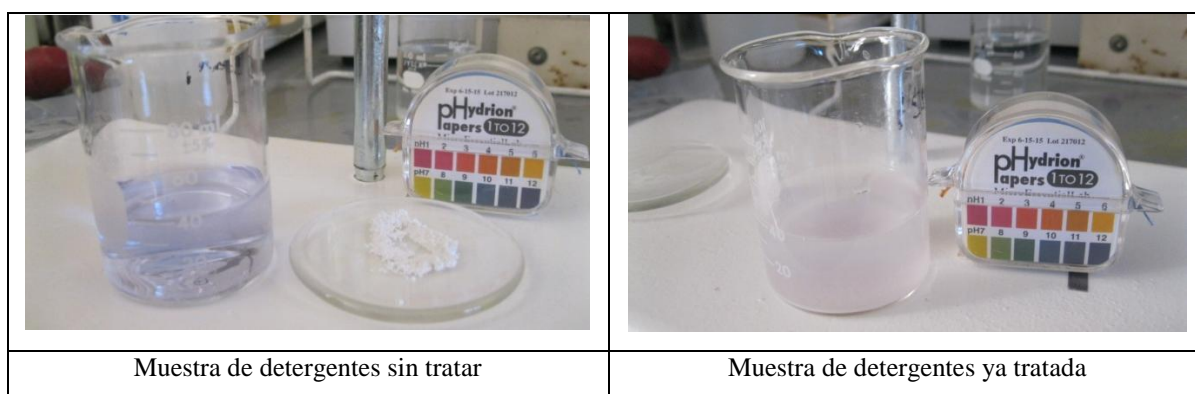
<b>Tabla 4.26 . Volumen gasta para neutralizar una muestra de residuo de 25 mL</b>		
<b>Volumen gastado (mL)</b>	<b>pH</b>	<b>Normativa de ANDA</b>
<b>36.7</b>	6	
<b>39.8</b>	7	5-9
<b>42.6</b>	8	
<b>Fuente: autores</b>		

El volumen gastado para neutralizar la muestra de residuo, está en un rango de 36.7-42.6 mL por cada 25 mL de residuo. Estas situaciones se cumplen bajo estas condiciones y

varía según el volumen de residuo que se quiere tratar y la concentración de hidróxido de sodio que se desea usar.

### 4.3.3 Detergentes

Los residuos del análisis de detergentes poseen una alta cantidad de fosfatos, ingrediente activo que se desea eliminar. Los fosfatos precipitan en sólidos insolubles al agregarle hidróxido de calcio. La muestra de detergente es una solución ácida con un pH de 1, únicamente con agregar hidróxido de calcio se logra alcalizarlo y se logra la precipitación, esto aumentará el pH hasta 12



**Figura 4.9. Tratamiento de residuos del parámetro de detergentes**

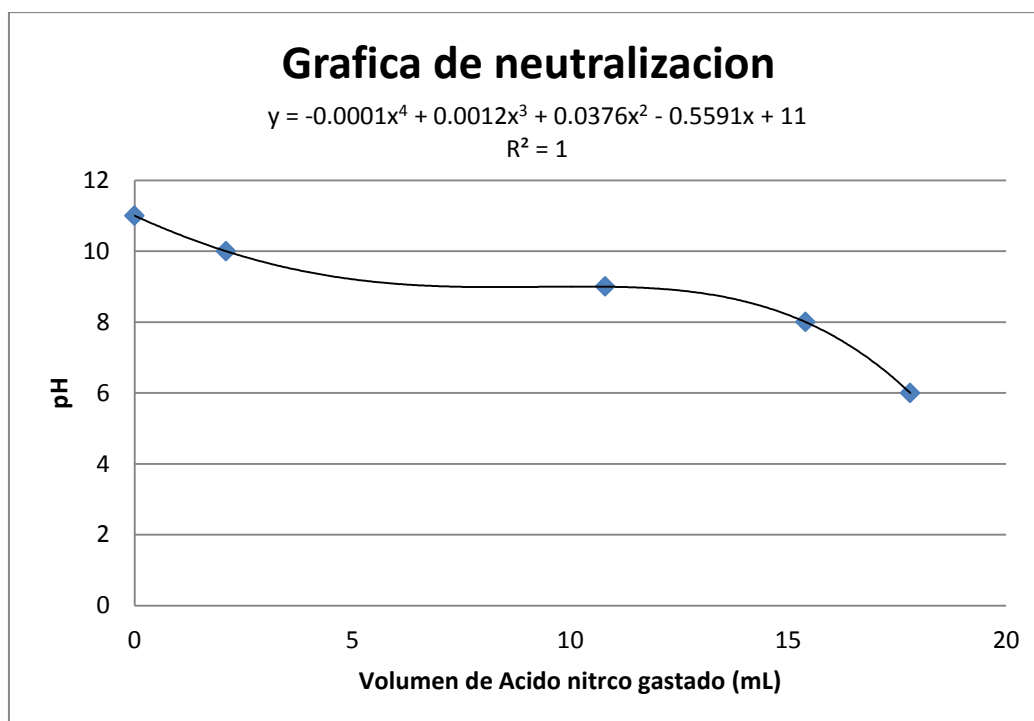
Fuente: Autores

El procedimiento para este tratamiento se describe a continuación:

- ✓ Se toma una muestra de 20 mL de residuo
- ✓ Se le agrega 0.25 g de hidróxido de calcio
- ✓ Se agita constantemente por algunos minutos. Se observó un cambio de color en la solución y en el fondo del recipiente el precipitado insoluble.
- ✓ Al filtrarlo el líquido sobrante se neutraliza

A continuación se presenta la gráfica de neutralización:

<b>Tabla 4.27 . Neutralización de detergentes</b>	
<b>pH</b>	<b>Vg</b>
<b>11</b>	0
<b>10</b>	2.1
<b>9</b>	10.8
<b>8</b>	15.4
<b>6</b>	17.8
<b>Fuente: Autores</b>	



*Gráfica 4-12. Neutralización de Detergentes*  
Fuente: Autores

La ecuación de regresión de la gráfica se presenta a continuación:

$$pH = -0.0001V_g^4 + 0.0012V_g^3 + 0.0376V_g^2 - 0.5591V_g + 11$$

La cantidad de volumen que se tiene que gastar para le neutralización se presenta en la siguiente tabla:

<b>Tabla 4.28. Volumen necesario para la neutralización de detergentes</b>	
<b>pH</b>	<b>Volumen (mL)</b>
<b>6</b>	17.8
<b>7</b>	16.6
<b>8</b>	15.4
<b>Fuente: Autores</b>	

El volumen necesario para neutralizar la solución está en un rango de 15.4-17.8 mL.

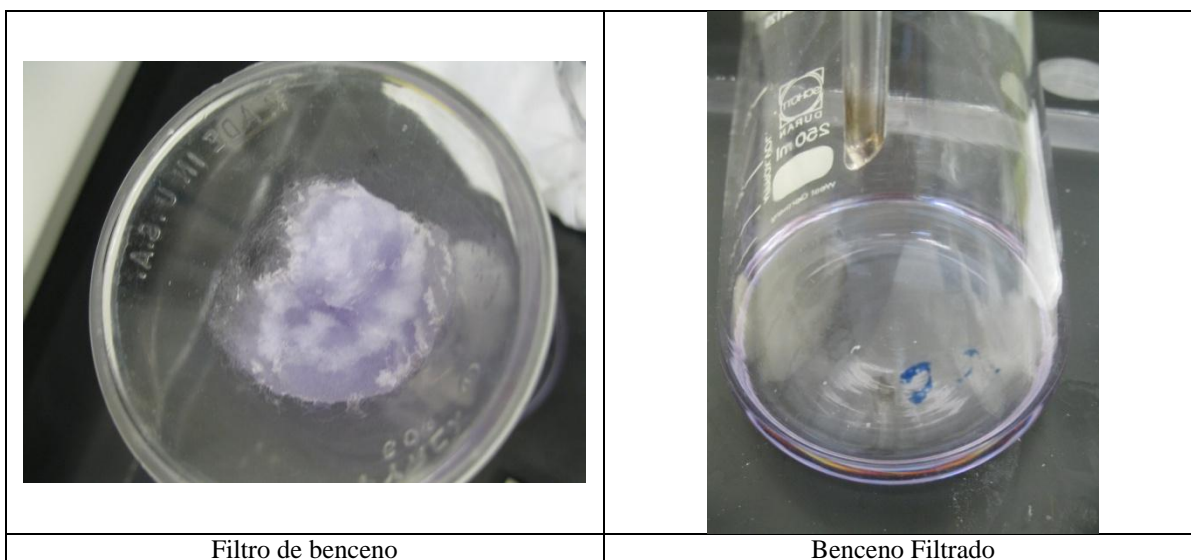
Se determinó la cantidad de fosfatos presentes en la muestra neutralizada los resultados se presentan en la siguiente tabla:

<b>Tabla 4.29 . Concentración de fosfato presentes en la muestra</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Cantidad de fosfatos presente</b>	<b>Normativa de ANDA</b>
<b>Muestra no tratada</b>	1.03 mg/L	N/D
<b>Muestra tratada</b>	0.10 mg/L	N/D
<b>Fuente: Autores</b>		

La muestra tratada tiene 0.1 mg/L de fosfato esto es una reducción del 97% de fosfato con respecto a la muestra original.

#### **4.3.4 Recuperación del Benceno**

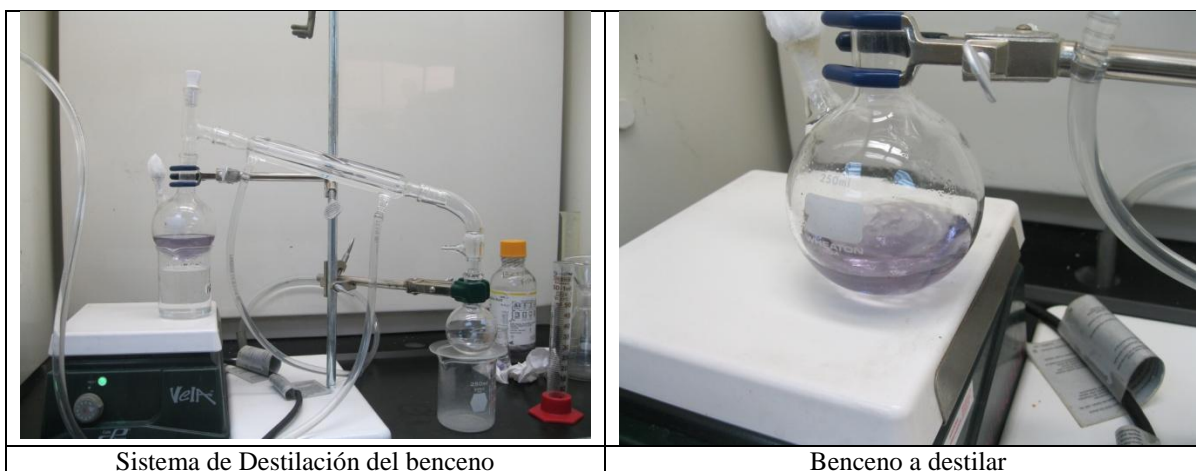
Para la recuperación de benceno es necesario usar un método de destilación. El benceno es un reactivo usado en el análisis del parámetro de Detergentes. Durante el procedimiento de análisis el benceno se contamina con un color azul.



**Figura 4.10. Filtro del Benceno**

Fuente: Autores

Previo a la destilación se mide 80 mL de benceno y se pasa por un filtrado en algodón donde se elimina una las partículas sólidas. Una vez filtrado se coloca en el balón para ser destilado, hasta una temperatura de 85°C que el punto de ebullición.



**Figura 4.11. Método de destilación del Benceno**

Fuente. Autores

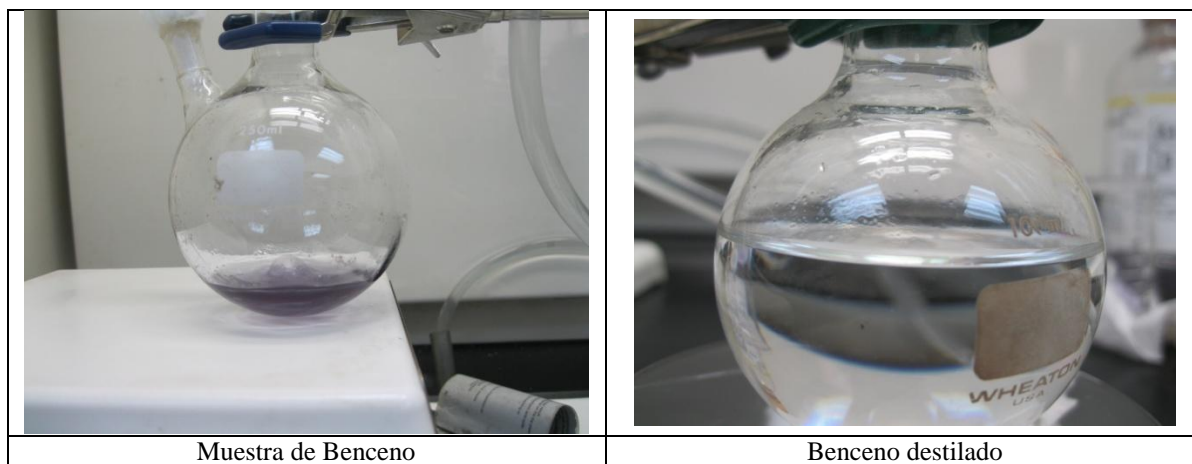
El proceso de destilado dura alrededor de 23 minutos hasta que termina de evaporar. La cantidad de benceno recuperada es de 61 mL, cabe destacar que es incoloro una vez recuperado. A continuación se presenta el tiempo de destilación:

<b>Tabla 4.30 . Duración de proceso de destilación</b>	
<b>Tiempo de inicio</b>	11:35 Am
<b>Tiempo final</b>	11:58 Am
<b>Fuente Autores</b>	

Volumen de Benceno recuperado en el proceso

<b>Tabla 4.31 . Volumen de benceno Recuperado</b>	
<b>Volumen Inicial</b>	80 mL
<b>Volumen final</b>	61 mL
<b>Fuente: Autores</b>	

La cantidad de benceno que se recupera es de 76 % ese considera un valor aceptable, las pérdidas de benceno se dan durante el proceso de filtración y lo que queda en las paredes del equipo de destilación. Por lo que se considera el método como viable.



**Figura 4.12. Muestra de benceno. Antes y después del destilado**

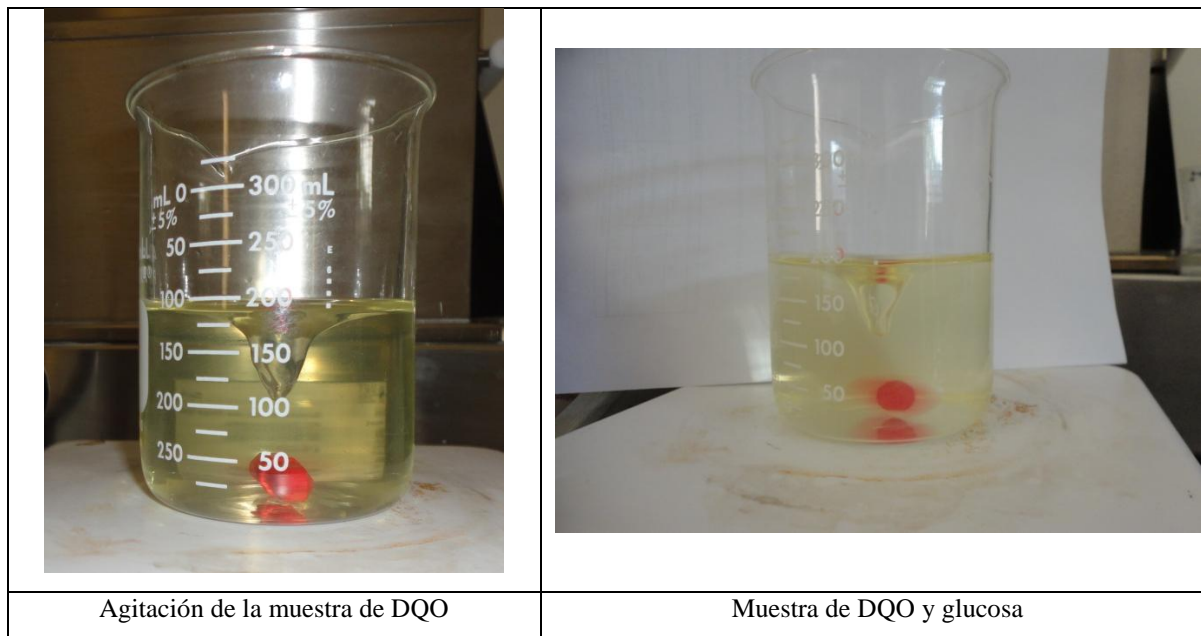
Fuente: Autores

### 4.3.5 DQO

Los residuos generados por el DQO son los componentes más tóxicos y difíciles de tratar. El proceso de tratamiento puede generar dificultades, gasto excesivo de reactivos y generación de subproductos tóxicos. Los ingredientes activos que se desean eliminar son

plata, mercurio y cromo. A continuación se describe el procedimiento utilizado para este tratamiento

- ✓ Se toma de 20 mL de muestra de residuo
- ✓ Se le agrego 1 mL de glucosa al 50%, se agito por 50 min y se observó un cambio de color de dorado a verde-azul, esto como resultado de la reducción de  $\text{Cr}^6$  a  $\text{Cr}^3$

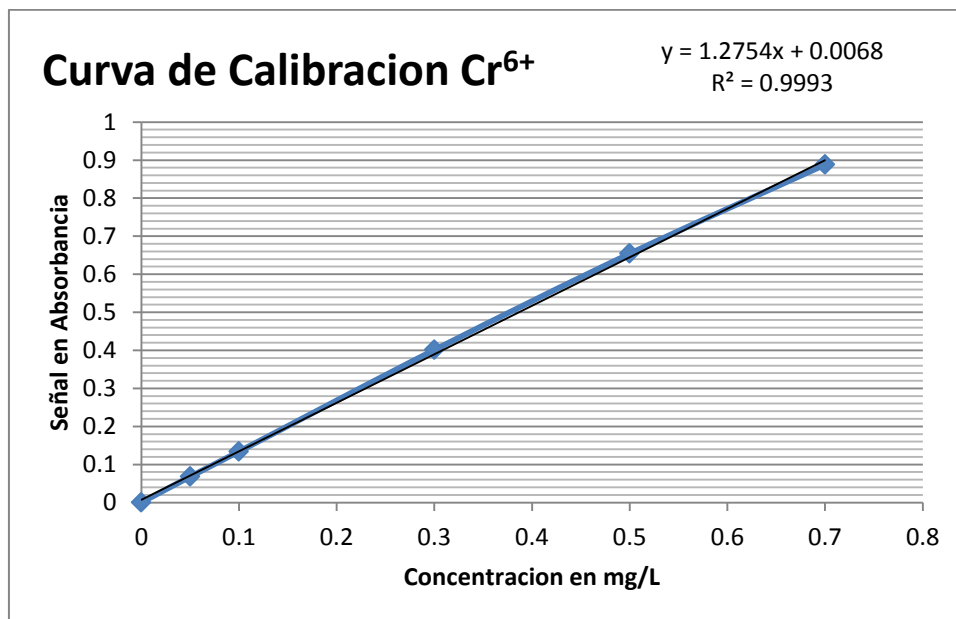


**Figura 4.13. Proceso de Reducción de  $\text{Cr}^6$  a  $\text{Cr}^3$**

Fuente: Autores

La muestra se analiza para determinar la cantidad de cromo reducido los resultados se presentan a continuación:

<b>Tabla 4.32. Curva de Absorbancia de DQO</b>	
<b>Concentración</b>	<b>Señal</b>
<b>0</b>	0
<b>0.05</b>	0.068
<b>0.1</b>	0.134
<b>0.3</b>	0.401
<b>0.5</b>	0.654
<b>0.7</b>	0.888
<b>Fuente: Autores</b>	



Gráfica 4-13. Curva de calibración de Cromo hexavalente  
Fuente: Autores

<b>Tabla 4.33. Concentración de cromo hexavalente en la muestra</b>					
	<b>Absorbancia</b>	<b>Concentración</b>	<b>mg/L</b>	<b>Norma</b>	
				<b>ANDA</b>	
<b>Desecho DQO</b>	0.059	0.041	409.62	0.5 mg/L	Replica 1
	0.048	0.032	323.38	0.5 mg/L	Replica 2
<b>Desecho Tratado</b>	0.181	0.137	0.14	0.5 mg/L	Replica 1
	0.307	0.235	0.24	0.5 mg/L	Replica 2
<b>Desecho Tratado</b>	0.207	0.157	0.16	0.5 mg/L	Replica 1
	0.207	0.157	0.16	0.5 mg/L	Replica 2

Fuente: Autores

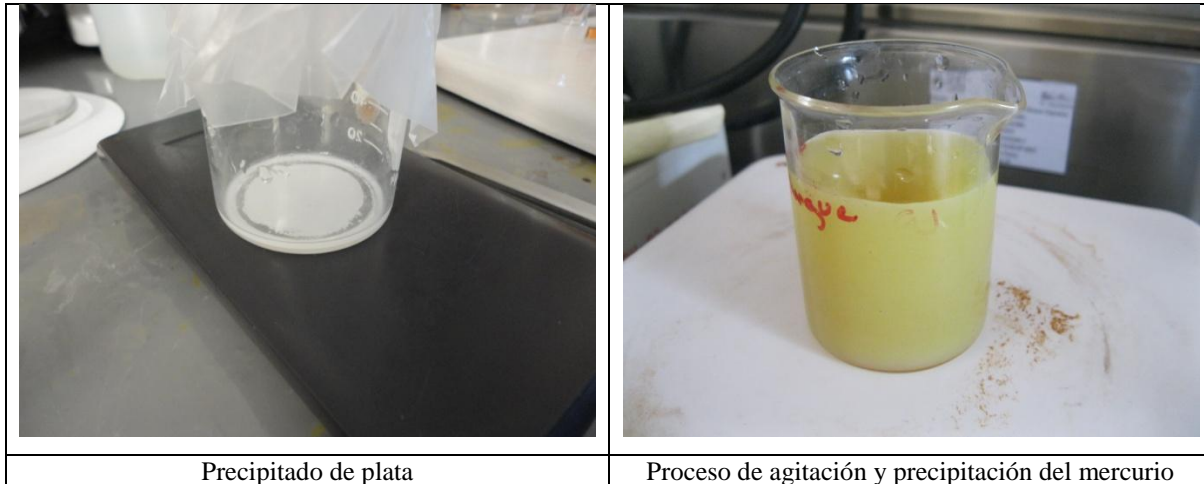
La concentración de  $\text{Cr}^6$  es del 0.14 mg/L para la primera muestra y 0.24 mg/L para la segunda, que corresponde a una reducción de  $\text{Cr}^6$  a  $\text{Cr}^3$  del 99.96 y 99.92% respectivamente.

El proceso de tratamiento se describe a continuación:

- ✓ Se adiciona 0.04 g de cloruro de sodio y se agito contantemente por 10 minutos.



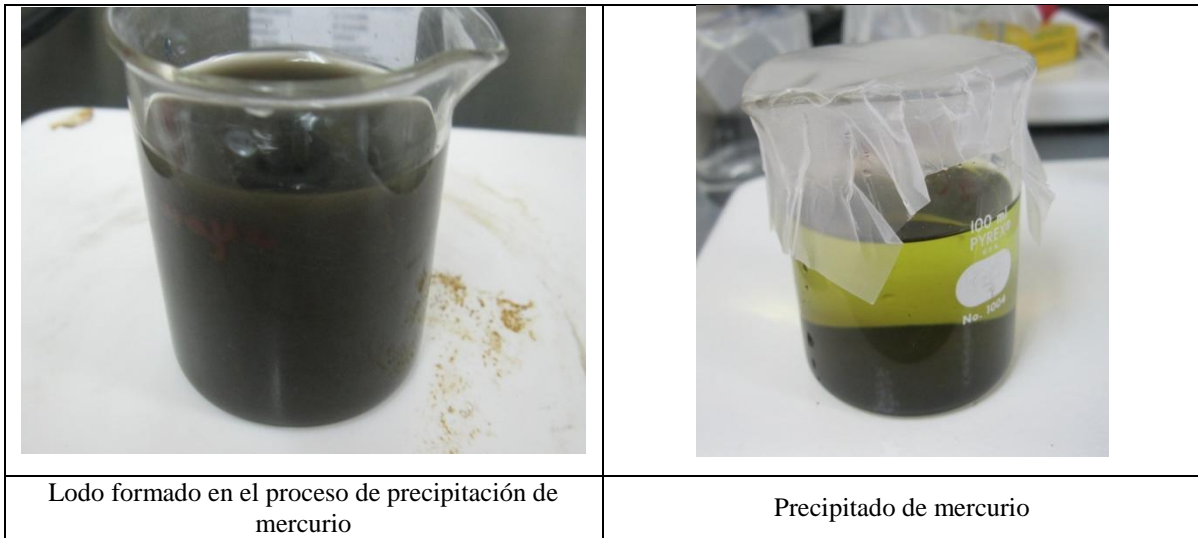
- ✓ Al agregarlo la solución se volvió blanca y comienza a precipitar la plata.
- ✓ Se deja reposar por 24 horas para que se asiente el precipitado



**Figura 4.14. Precipitado de plata y mercurio**

Fuente: Autores

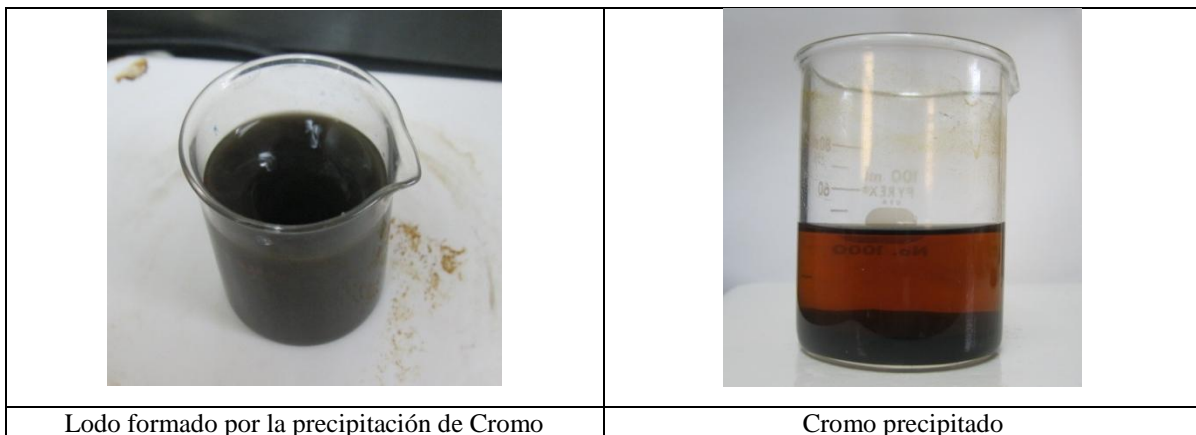
- ✓ La solución se filtra y se le adiciona al líquido sobrante 0.2 g de Tiosulfato de sodio para lograr precipitar el mercurio.
- ✓ Al agregar se forma una solución de color amarilla y genera gases tóxicos como respuesta al desprendimiento de los sulfuros.
- ✓ La solución se agita constantemente por dos horas hasta que se forma un lodo negro.
- ✓ La formación de precipitado es difícil de visualizar por lo que se deja reposar la solución por 24 horas.
- ✓ Luego de 24 horas de reposo se filtra la solución.



**Figura 4.15. Proceso de precipitado de mercurio**

Fuente: Autores

- ✓ Del líquido sobrante se toma 4 mL y se le agrega 16 mL de agua
- ✓ Bajo esta dilución se le agrega 0.5 mL de sulfato ferroso.
- ✓ Para lograr precipitar el cromo se adiciona dosis de hidróxido de sodio al 4 M hasta formarse un lodo negro.
- ✓ El volumen total gastado de hidróxido de sodio es de 13.5 mL.
- ✓ Se observa que al adicionar el hidróxido de sodio, la solución se calienta levemente pero no se desprenden gases.



**Figura 4.16. proceso de precipitación de Cromo**

Fuente: Autores

- ✓ Este lodo formado se deja reposar por 24 horas para que precipite, tiempo después se filtra.

Al filtrado se analizó la cantidad de cromo total presente en la muestra. A continuación se presentan los resultados:

<i>Tabla 4.34. Concentración de cromo total presente en la muestra</i>		
<b>Muestra</b>	<b>Concentración</b>	<b>Concentración según normativa de ANDA</b>
<b>Muestra no tratada</b>	218.4 mg/L	3 mg/L
<b>Muestra tratada</b>	1.877 mg/L	3 mg/L
<b>Fuente: Autores</b>		

La cantidad de cromo total presente en la muestra trata es de 1.877 mg/L, esto representa una reducción del 99.14 %

#### **4.3.6 Fenoles**

El proceso de tratamiento de los residuos generados por el análisis del parámetro de fenoles es similar al de los cianuros.

El proceso de tratamiento se describe a continuación:

- ✓ Se toman 20 mL de muestra de residuo de fenoles
- ✓ Al medir el pH se obtuvo un valor de 10, aunque el pH es básico se agrega 5 mL de hidróxido de sodio al 1.25 M, para subirlo a 12 y garantizar que no baje a un pH de 10.
- ✓ Luego se adiciona 10 mL de hipoclorito de sodio y se pone a calentar por 10 minutos.



**Figura 4.17. Precipitado de fenoles**

Fuente: Autores

- ✓ La solución cambia a un color naranja y se adiciona 0.2 gr de hidróxido de calcio para generar el precipitado.
- ✓ Se agita bien y se deja reposar por 24 horas para que sedimente.
- ✓ Al líquido filtrarlo se adiciona ácido nítrico al 1.25 M, para neutralizar la solución. El volumen gastado fue de 9.8 mL.
- ✓ Luego se mide la cantidad fosfatos y cianuro presentes en la muestra

Los resultados se presentan en la siguiente tabla

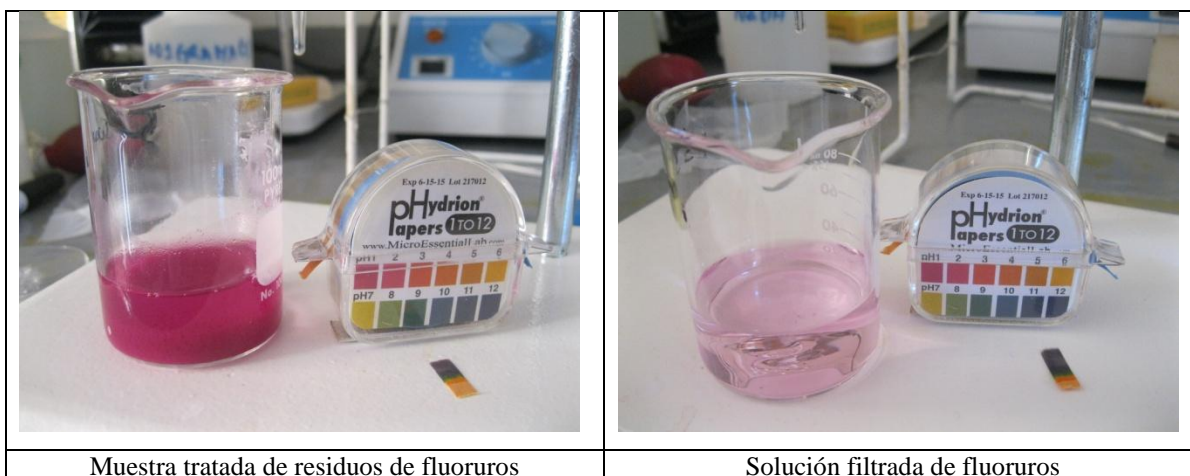
<b>Tabla 4.35 . Concentración de cianuro presente en la muestra</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Normativa según ANDA</b>
<b>Muestra no tratada</b>	0.678 mg/L	1 mg/L
<b>Muestra tratada</b>	0.145 mg/L	1 mg/L
<b>Fuente: Autores</b>		

La cantidad de cianuro encontrado en la muestra tratada es de 0.147 mg/L esto representa una reducción del 78.6%.

### 4.3.7 Fluoruros

El residuo de fluoruros es una solución de color rojizo, la cual posee el reactivo spadns como ingrediente activo, al que se debe de precipitar. En un inicio posee un pH muy ácido aproximadamente de 2. A continuación se describe el procedimiento aplicado:

- ✓ Se toma una muestra de 20 mL de residuo y se le agrega 0.5 gr de hidróxido de calcio.
- ✓ Se agita constantemente hasta formar una solución lechosa.
- ✓ Inmediatamente se forma un precipitado donde se observa en su fondo una cantidad mínima de sólidos insolubles de color oscuro.



**Figura 4.18. Tratamiento de residuos de fluoruros**

Fuente: Autores

Se realizaron réplicas del procedimiento de precipitado al agregar bajo condiciones iguales 0.1 gr de hidróxido de calcio y 1 gr de hidróxido de calcio. Para el primero se observó un precipitado menor y llegó a un pH de 3. Para el segundo se observó un exceso de precipitado y un pH de 13. Por lo que se concluyó que la condición ideal es de 0.5 gr de hidróxido de sodio, ya que se llega al mismo objetivo sin gastar tanto reactivo.

<i>Tabla 4.36. Precipitado de la muestra</i>		
<b>Cantidad de hidróxido de calcio</b>	<b>pH</b>	<b>Precipitado</b>
<b>0.1 gr</b>	3	mínimo
<b>0.5 gr</b>	11	moderado
<b>1 gr</b>	13	Exceso
<b>Fuente: Autores</b>		

El precipitado generó un cambio de color en la solución a morado claro y su pH aumentó de forma brusca hasta un pH de 11. Luego del filtrado la solución se clarifica y la acidificación se realiza con ácido nítrico al 1.25 M donde se gastó aproximadamente 12.6 mL para alcanzar un pH de 7.

#### **4.3.8 Nitritos y Nitratos**

Los residuos de nitritos y nitrato están contaminados con cadmio, el cual es un elemento tóxico para los seres vivos. Por lo que el principal objetivo es precipitar el cadmio presente en la muestra de nitritos y nitratos. Para precipitarlo se pueden realizar dos formas:

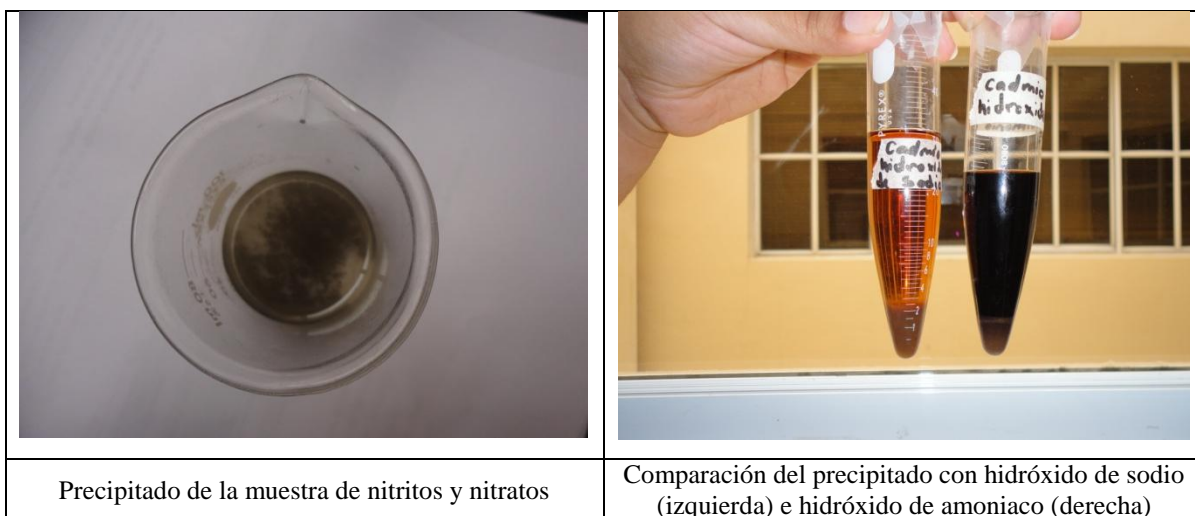
- A. Usando hidróxido de sodio.
- B. Usando hidróxido de amonio.

El procedimiento utilizado usando el hidróxido de amonio se detalla a continuación:

- ✓ Se toma 400 mL de la muestra
- ✓ Se agrega 110 gotas de hidróxido de amonio para apreciar el precipitado con un pH de 11.

El procedimiento utilizado usando el hidróxido de sodio se detalla a continuación:

- ✓ Se toma 20 ml de residuo
- ✓ Se agrega hidróxido de sodio al 3.5 M con una cantidad aproximadamente 14.1 mL para alcanzar el precipitado con un pH de 12



**Figura 4.19 Precipitado de Cadmio en la muestra de residuos de nitritos y nitrato**

Fuente: Autores

El precipitado en ambas circunstancias no se nota a simple vista únicamente se genera una pequeña nubosidad como señal de la precipitación del cadmio. Después de un reposo de 24 horas de descanso se observan las diferencias entre los métodos.

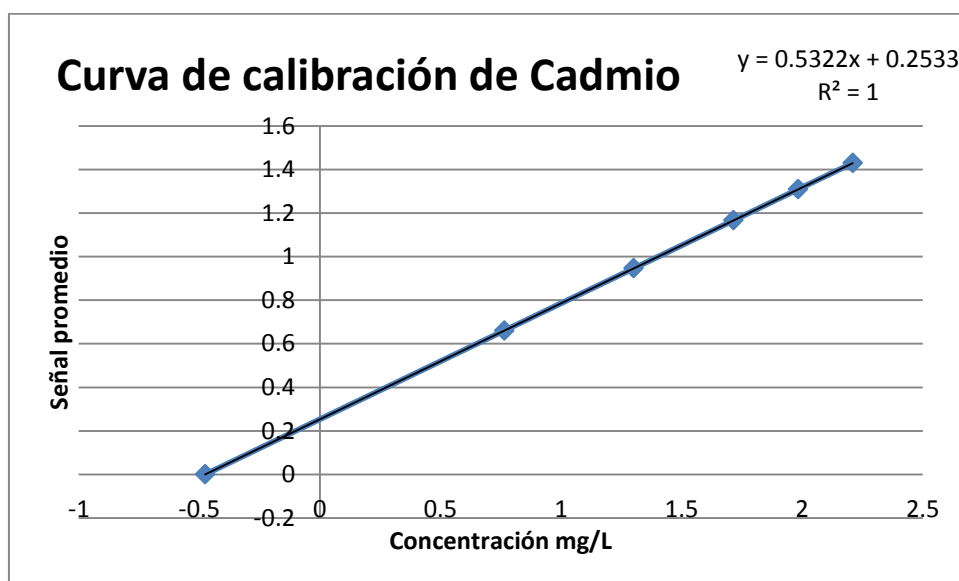
El precipitado con hidróxido de amonio precipita con mayor cantidad y se forman solidos insolubles en el fondo. El precipitado con hidróxido de sodio precipita en menor cantidad pero la solución queda más clara, al pasar el tiempo este último presenta mejores resultados, se clarifica la muestra y precipita en mayor cantidad, teniendo un tiempo de espera de 5 días. El método de precipitado usando hidróxido de sodio es más eficiente.

La muestra de tratada con hidróxido de sodio se llevó a analizar para determinar la cantidad de cadmio presente. En la siguiente tabla se presentan los valores de concentración y de absorbancia para el cadmio en los residuos de nitritos.

Tabla 4.37. Concentración y absorbancia de curva de calibración para cadmio.

Curva	Concentración (mg/L)	Absorbancia
BNK	-0.476	0
STD 1	0.765	0.6604
STD 2	1.302	0.946
STD 3	1.716	1.1664
STD 4	1.983	1.3088
STD 5	2.21	1.4294

Fuente: Autores



Gráfica 4-14: curva de calibración para el cadmio

Fuente: Autores

A continuación se presentan los valores de concentración y el valor límite para el cadmio en los residuos de nitritos, según la normativa vigente:



Tabla 4.38. Concentraciones de la muestra de cromo

	concentración mg/L	Normativa mg/L
Muestra no tratada	0.001583	1
Muestra tratada	0.00073	1

La muestra tratada no sobrepasa los valores de la normativa de ANDA.

#### 4.3.9 Nitrógeno amoniacal y NTK

Al analizar los componentes de los parámetros nitrógeno amoniacal y NTK, se revela la presencia del reactivo nessler que contiene mercurio. Para separar el mercurio se hace por medio de precipitación. A continuación se describe el procedimiento para este tratamiento:

- ✓ Se toma una cantidad de 20 mL de muestra de residuo que se desea tratar
- ✓ Se agrega una cantidad de 5 mL de hidróxido de sodio para alcalinizar la solución
- ✓ La cantidad de hidróxido de sodio varía según la muestra que se analiza y la concentración, en este caso se utiliza una concentración de NaOH de 3.5 M y se alcanza un pH de 12



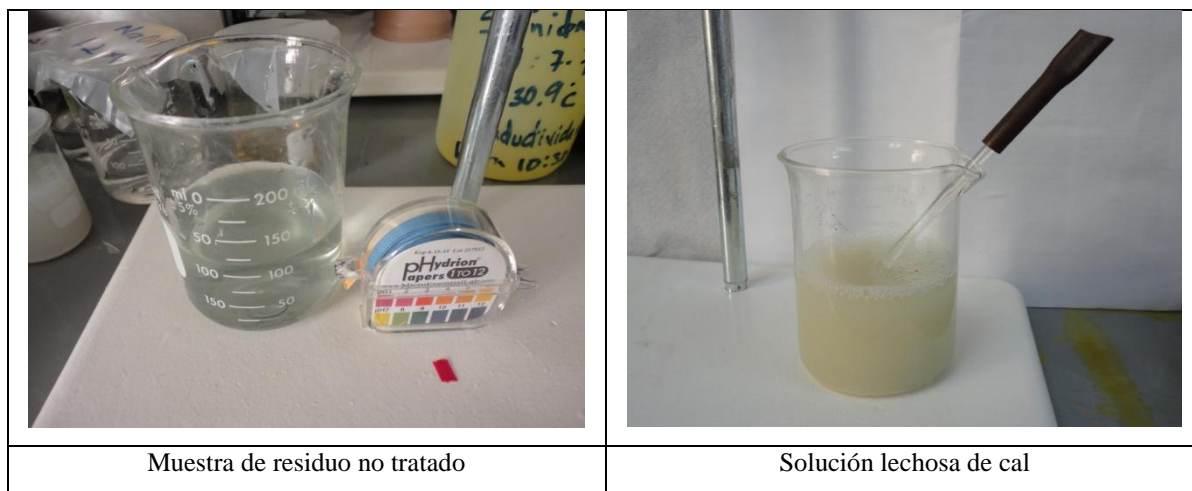
Figura 4.20 Precipitado de mercurio

Fuente: Autores

- ✓ Posteriormente se le agrego 40 mL de solución de Tiosulfato de sodio al 20 % p/p
- ✓ Se agita y se presenta un cambio de color y se formó un lodo negro
- ✓ Se tiene que esperar 24 horas para que sedimente la solución.
- ✓ Una vez sedimentada se filtra, el líquido sobrante se neutraliza con ácido nítrico, en este caso se usa una concentración de 2.5 M y se utiliza únicamente 3 mL para alcanzar un pH de 8.

#### 4.3.10 Sílice, Fosfato y Fosforo total.

Los parámetros de sílice, fosfatos y fosforo total, poseen en común el ingrediente activo de molibdato de sodio, dicho elemento es el componente a eliminar. En este caso el procedimiento se realiza por medio de una separación física, llamada precipitación.



**Figura 4.21. Proceso de precipitado de molibdato de sodio**

Fuente: Autores

A continuación se detalla el procedimiento aplicado:

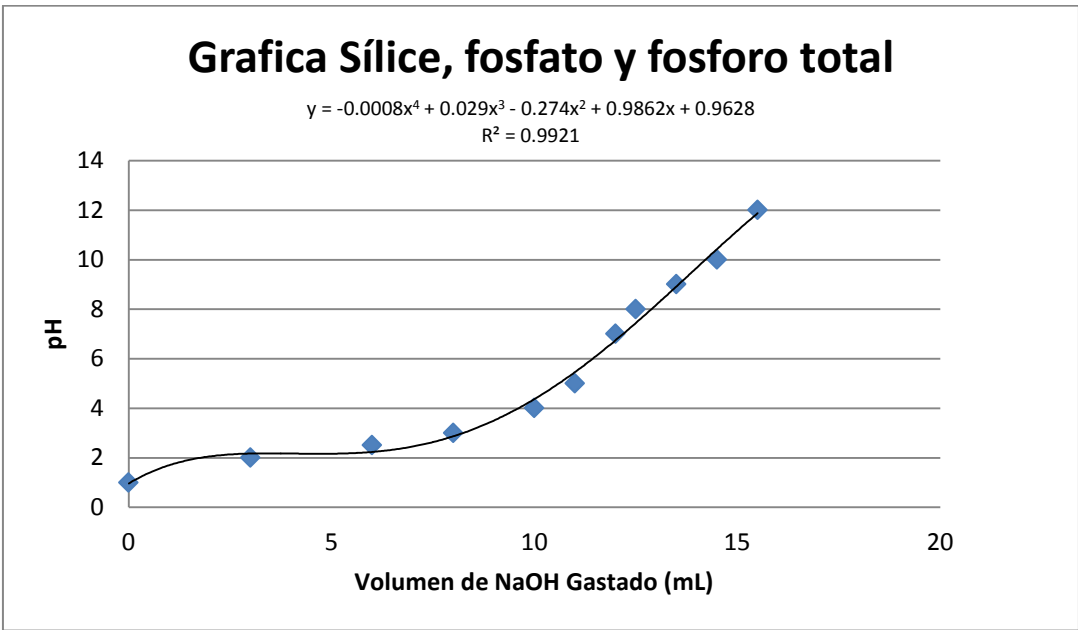
- ✓ Se toma 100 mL de muestra de residuos de pH de 1, para aumentar el pH se agrega dosis de hidróxido de sodio al 1.25 M.

A continuación se presenta la gráfica y la tabla de resultados para dicho proceso:

**Tabla 4.39. Curva de alcalinización**

pH	Volumen (mL)
1	0
2	3
2.5	6
3	8
4	10
5	11
7	12
8	12.5
9	13.5
10	14.5
12	15.5

Fuente: Autores



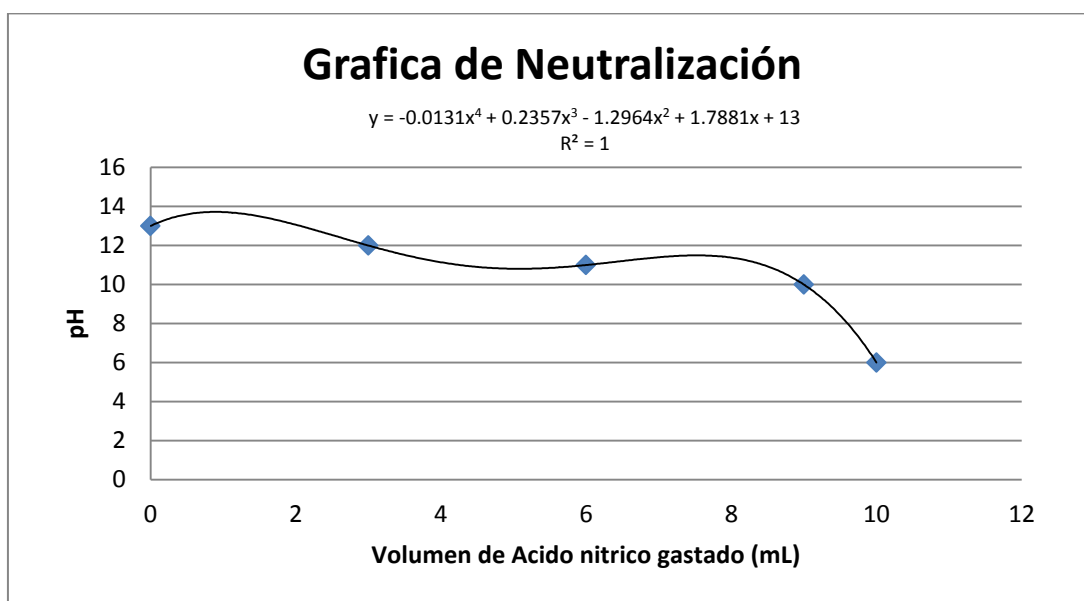
Gráfica 4-15. Curva de alcalinización de la solución  
Fuente: Autores

Se presenta la ecuación de regresión de la gráfica,

$$pH = -0.0008V_g^4 + 0.029V_g^3 - 0.274V_g^2 + 0.9862V + 0.9628$$

- ✓ Para alcanzar un pH de 12 se utiliza un volumen de 15.5 mL de hidróxido de sodio a una concentración de 1.25 M
- ✓ La solución presenta un cambio de leve de color y un leve aumento de temperatura.
- ✓ Se agrega 1 gr de hidróxido de calcio a la solución y se agita constantemente hasta formar una solución lechosa.
- ✓ Se da la formación de precipitado con sólidos y el pH aumenta a 13.
- ✓ Se filtra la solución para separar los sólidos insolubles formados.
- ✓ Una vez filtrado, el líquido sobrante se neutraliza hasta un pH de 6.0 a continuación se presenta la gráfica de neutralización.

Tabla 4.40. Curva de neutralización	
pH	Volumen (mL)
13	0
12	3
11	6
10	9
6	10
Fuente: Autores	



Gráfica 4-16. Curva de neutralización  
Fuente: Autores

Se presenta la ecuación de regresión de la gráfica con un  $R^2=1$ :

$$pH = -0.0131V_g^4 + 0.2357V_g^3 - 1.2964V_g^2 + 1.7881V_g + 13$$

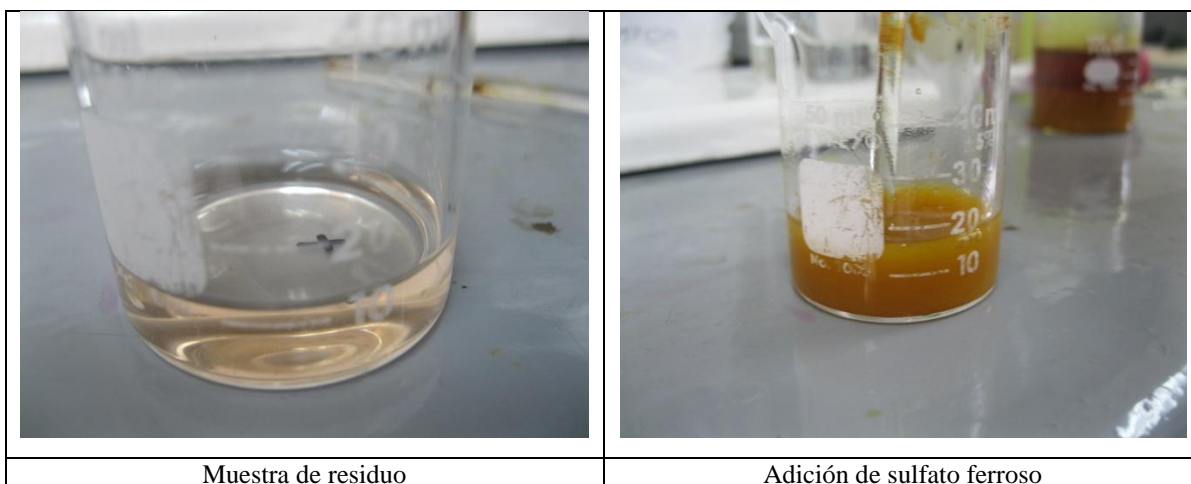
De la ecuación anterior se puede determinar el volumen que se debe de gastar de ácido nítrico para neutralizar la solución:

<i>Tabla 4.41 . Volumen de ácido nítrico gastado para la neutralización</i>	
<b>pH</b>	<b>Volumen (mL)</b>
<b>8</b>	9.6
<b>7</b>	9.8
<b>6</b>	10
<b>Fuente: Autores</b>	

Para neutralizar la solución luego del proceso de filtrado se requiere gastar un volumen de ácido nítrico que varía entre 9.6-10 mL

#### **4.3.11 Sulfatos y Sulfuros.**

El procedimiento para la eliminación de residuos generados por el parámetro sulfatos y sulfuros es similar al procedimiento de los cloruros, debido a la presencia de cromo en sus ingredientes activos.

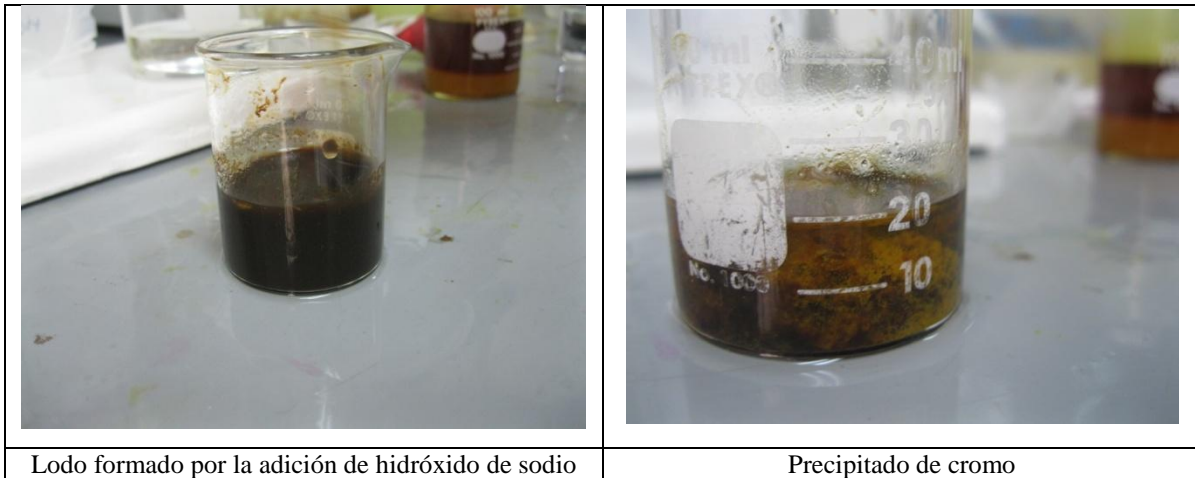


**Figura 4.22. Tratamiento de residuos generados por los parámetros sulfuros y sulfatos**

Fuente: Autores

A continuación se describe el procedimiento aplicado a este tratamiento:

- ✓ Para la prueba se utiliza 30 mL de muestra de residuo sulfatos y sulfuros, con un color naranja, al medirle el pH se obtuvo un valor de 1.0
- ✓ Se agrega 10 mL de ácido nítrico a una concentración de 1.25 M para asegurar que el pH se mantenga a 1.0
- ✓ Con un pH ácido se le agregó 5 mL de solución de sulfuro ferroso a una concentración de 0.5 M para reducir el  $\text{Cr}^{+6}$  a  $\text{Cr}^{+3}$ .
- ✓ Al agregar el sulfuro ferroso se observó un cambio de color, pero se mantiene el pH a 1.0
- ✓ Se adiciona hidróxido de sodio al 1.25 M, al adicionar pocas cantidades se observa un cambio de color y la solución se vuelve más oscura hasta la formación un lodo café para luego dar paso a la precipitación.
- ✓ No se reporta un cambio de temperatura en este proceso. La cantidad de hidróxido gastada fue de 15 mL y el pH alcanzado fue de 10.



**Figura 4.23. Precipitación de cromo en los residuos de sulfato y sulfuro**

Fuente: Autores

La solución se filtra y el líquido remanente se analizó para determinar la presencia de Cromo total en la solución, el resultado se muestra en la siguiente tabla:

<b>Tabla 4.42. Concentración de cromo total presenta en la muestra</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Normativa de ANDA</b>
<b>Muestra no trata</b>	87.4 mg/L	3 mg/L
<b>Muestra tratada</b>	0.070 mg/L	3 mg/L
<b>Fuente: Autores</b>		

El tratamiento elimino el 99.91% del cromo presente en la muestra, con una cantidad final de cromo total de 0.07 mg/L.

A continuación se presenta los cuadros resumen del análisis de resultado, el primero detalla la cantidad de reducción obtenida durante los tratamientos:

**Tabla 4.43. Cuadro de resumen de reducciones y disposición final**

Parámetro	Elemento de tratamiento	Reducción	Disposición Final	Desecho	Disposición final
<b>Metales</b>	Hierro	99.87 %	Encapsulamiento, enviar a una empresa autorizada por el MARN para su disposición final	Líquido filtrado	Neutralizado, desechar al desagüe hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA
	Cobre	44.27 %			
	Manganeso	98.80 %			
	Zinc	83.12 %			
	Arsénico	72.98 %			
	Plomo	54.55 %			
<b>Aluminio</b>	76.42 %				
<b>Cloruros</b>	Cromo	99.92 %			
<b>Detergentes</b>	Fosfatos	97 %			
<b>DQO</b>	Cromo	99.24 %			
<b>Fenoles</b>	Cianuro	78.6 %			
<b>Nitritos y nitratos</b>	Cadmio	46.11 %			
<b>Sulfuro y sulfato</b>	Cromo	99.91 %			

Fuente: autores

A continuación se presenta los cuadros resumen de recuperación de residuos:

**Tabla 4.44. Cuadro de resumen de recuperación de residuos**

Elemento a recuperar	porcentaje	Disposición final
<b>Recuperación de Éter</b>	82 %	Almacenado para su reutilización
<b>Benceno</b>	76 %	Almacenado para su reutilización

Fuente: Autores

A continuación se presenta los cuadros resumen del análisis de resultado detallando la reducción y disposición final del mismo:



**Tabla 4.45. Cuadro de resumen de reducciones y disposición final**

Parámetro	Elemento de tratamiento	Concentración	Disposición final	Desecho	Disposición final
<b>Cianuro</b>	cianuro	0.01 mg/L	Encapsulamiento, enviar a una empresa autorizada por el MARN para su disposición final	Liquido filtrado	Neutralizado, desechar al desagüe hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA
	Fosfato	0.07 mg/L			
<b>Cromo Hexavalente</b>	Neutralización	pH 7	Neutralizado, desechar al desagüe hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA	N/D	N/D

Fuente: Autores

**Tabla 4.46. Cuadro de resumen de disposición final**

Parámetro	Elemento de tratamiento	Disposición final	Desecho	Disposición final
<b>DQO</b>	Plata	Encapsulamiento, enviar a una empresa autorizada por el MARN para su disposición final	Liquido filtrado	Neutralizado, desechar al desagüe hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA
<b>Fluoruros</b>	Mercurio			
<b>Nitrógeno amoniacal y NTK</b>	Reactivo Spadns			
<b>Sílice, fosfato y fosforo total</b>	Mercurio			
	Molibdato de sodio			

Fuente: Autores

# CONCLUSIONES

---

1. Según la cuantificación de los residuos generados realizados en las diferentes áreas de análisis se puede concluir que para el área de Fisicoquímico de la primera planta se genera un 60 % del volumen total de residuo, seguido del área de fisicoquímico de la segunda planta con un 28% del total de los residuos generados finalmente el área de Absorción atómica con un 11 % de volumen de residuo.
2. Se realizaron análisis de peligrosidad a los diferentes residuos provenientes de los análisis realizados dentro del laboratorio de calidad de agua, donde 18 parámetros resultaron con características de peligrosidad, de corrosivo, nocivo, irritante, tóxicos, mutágenos y cancerígenos de categoría 1 y 2.
3. En el área de fisicoquímico de la primera planta el análisis que genera el mayor volumen de residuo es el DBO, seguido del volumen de conductividad eléctrica, sin embargo estos no representa una alta peligrosidad, en esta área el mayor peligro está representado por el residuos del análisis de cloruros.
4. En el área de fisicoquímico de la segunda planta el análisis que genera el mayor volumen de residuo es el de NTK, seguido de los volúmenes de detergentes y sulfatos, en esta área el mayor peligro está representado por los residuos de los análisis de Detergentes, Nitratos y Sulfuros.
5. Se dio tratamiento a cada uno de los residuos líquidos almacenados, aplicando tratamientos de separación, aislamiento y desactivación mediante la precipitación, destilación y neutralización de los compuestos peligrosos, dependiendo de la complejidad y de los recursos con los que cuenta el laboratorio de calidad de agua.

6. Los tratamientos utilizados presentaron una efectividad desde un 44.17% para cobre hasta un 99.91 % para los sulfuros y sulfatos. Sin embargo los residuos de cromo total aluminio y níquel del área de absorción atómica presentaron un incremento del 23.71% para cromo, el níquel que pasó de un valor menor del límite de detección < 0.000468 mg/L a 0.281 mg/L, y el aluminio que se redujo su concentración sin embargo no cumple con la normativa nacional sobre los residuos de son desechados al alcantarillado sanitario, concluyéndose que para estos elementos el tratamiento no funciona.
7. En el área de análisis fisicoquímico de la primera planta, el éter de petróleo proveniente del análisis de grasas y aceites es recuperable, lográndose un 81% de recuperación, y en el área de análisis fisicoquímico de la segunda planta, es recuperable el benceno proveniente del análisis de detergentes, con un 76% de recuperación, además de la recuperación de productos reciclables como guantes, papel de oficina, y vidrio convencional de la cristalería.
8. Se diseñaron procedimientos para los residuos minimizando su peligrosidad, generando documentos y manuales para tal fin, donde se desarrollaron de forma clara y sencilla para su fácil aplicación, además de generar un plan para incendios, accidentes y derrames; conjuntamente se realizó un análisis de almacenamiento para los residuos que así lo exigían, utilizando datos de volumen y frecuencia de llenado.
9. Considerando la capacidad de generación de residuos y tiempo límite de almacenamiento de estos, el envasado tipo PET solventa las necesidades de manipulación. Se diseñó una propuesta para el etiquetado de los residuos sólidos.

## RECOMENDACIONES

---

1. Para el tratamiento de los metales de cromo, aluminio y níquel generados en el área de absorción atómica los cuales presentaron un comportamiento diferente al resto, se recomienda el estudio de otras formas de tratamiento, para mejores resultados.
2. Se recomienda realizar un estudio de gases tóxicos emanados durante el análisis de los parámetros, y los tratamientos propuestos.
3. Se recomienda estudiar la peligrosidad física y radioactiva de los equipos utilizados para el análisis de los parámetros dentro el laboratorio de calidad de aguas.
4. Se propone la asignación de estudiantes que realicen servicio de horas sociales la ejecución de los tratamiento de residuos, para no sobre cargar el trabajo del personal encargado de cada área.
5. Se recomienda establecer un comité de emergencias para el manejo de desastres o accidentes que pueden ocurrir dentro el laboratorio de calidad de aguas, estableciendo responsabilidades específicas para cada miembro del comité.
6. Incorporar los tratamientos propuestos dentro de un plan de riesgo integral en conjunto con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

## Bibliográfica Grafica

Alberto García Jerez, L. J. (2007). *Protocolo de rutas de transporte y disposicion final residuos quimicos peilgroso*. (1° Ed ed.). Bogota, Colombia: Universidad Industrial de Santander.

Armentia, M. F. (2008). *Manual de Gestión de residuos y seguriadad en laboratorios ambientales* (1 ed.). Madrid, España: LEIA.

Armour, M. A. (2003). *Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide* (3° Ed ed.). Boca ratón , Florida, USA: Lewis publishers.

Berrios, L. (2012). *Sistema de tratamientos para residuos líquidos Generados en laboratorio químico*. Medellin, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Departamente de de prevención de riesgos laborales. (2011). *Manual de buenas prácticas de laboratorio*. Sevilla, España: Gobernación de Sevilla.

Facultad regional de Bahía Blanca. (2010). *Agua residuales y tratamiento de fuentes cloacales*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.

Fernández, M. (2010). *Manual y gestión de residuos y seguridad en laboratorios ambientales*. (C. d. tecnológico, Ed.) Madrid, España: LEIA.

Fex, R. D. (2000). Manejo de sustancias químicas. En R. D. Fex, *Administradora de Riesgos profesionales* (1 ed.). Medellin: SURATEP.

Gamero, E. (2012). *Guion de Clase. Tratamiento de aguas residuales Cap. 4*. San Salvador, El Salvador.

Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo. (2003). *Gestión de Residuos Tóxicos y Peligrosos en pequeña Escala*. Madrid, España: Ministerio de trabajo y asuntos sociales.

Lara, M. (2005). *Implementación de un sistema de Reciclado*. Santiago de Chile, Chile: Universidad Católica de Chile.

Marín, D. (2007). *Residuos químicos en un laboratorio*. Mexico, DF, Mexico: Universidad Autónoma de México.

- MARN. (2002). *Manual para evaluación ambiental*. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Márquez, F. (2009). *Manejo de sustancias peligrosas* (1 ed.). Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Martínez, J. (Septiembre 2005). *Guía para la gestión integral de residuos preligrosos* (1 Ed ed., Vol. Vol 1: Fundamentos). Montevideo, Uruguay: Basel convention.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. (2009). *Gestión Integral de Residuos o Desechos*. Bogota, Colombia: Gobierno de Colombia.
- Ministerio de medio ambiente y recursos naturales. (2001). *Manual de Calidad del Laboratorio de Calidad de Agua*. San Salvador, El Salvador: Gobierno de El Salvador.
- Normativa de aguas residuales especiales. (2002). *Reglamento especial de Aguas Residuales*. San Salvador, El Salvador: Gobierno de El Salvador.
- Panreac. (2007). *Manual de seguridad en laboratorios químicos* (1°Ed ed.). Barcelona, Cataluña, España: Gráficas montañas.
- Rodríguez, J. (2008). *Tratamiento anaeróbico de aguas residuales*. Cali, Colombia: Universidad el Valle.
- Rojas, J. P. (2001). *siete pasos para implementar la producción más limpia en su organización*. Managua, Nicaragua: CEGESTI.
- Ruiz, A. (2003). *Desecho adecuado de los residuos químicos utilizados en los laboratorios experimentales*. Guatemala, Guatemala: Universidad Francisoc Marroquín.
- Sakurai, K. (1984). *Tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos* (1 ed.). Buenos Aires, Argentina: Organización Panamericana de la Salud.
- Secretaria de salud laboral y medio ambiente. (2009). *Estudio del saneamiento en Cantabria*. Cantabria: Gobierno de Cantabria.

## Bibliográfica Digital

- Geocycle. (junio de 2011). *Geocycle*. Recuperado el Febrero de 2013, de [www.geocycle.co.cr/gestion-de-residuos](http://www.geocycle.co.cr/gestion-de-residuos)
- Greenpeace. (Julia de 2002). *El Ambiente y los desechos solidos*. Recuperado el 31 de Enero de 2013, de <http://elambienteylsdesechossolidos.jimdo.com/definici%C3%B3n-y-diferencia-entre-desechos-y-residuos/>
- *Indice de calidad de Agua*. (s.f.). Recuperado el Marzo de 2013, de <http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm>
- MARN . (2008). *Ministerio de medio ambiente y recursos naturales*. Recuperado el Mayo de 2013, de [http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=49&Itemid=84](http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=84)

# ANEXO

---

## **A. ANEXO 1: Decreto que oficializa la creación de Observatorio Nacional Ambiental, antes SNET.**

A continuación se muestra la creación del decreto No. 96 presentado en el DIARIO OFICIAL TOMO No. 353 18 de octubre del 200, donde se decreta la creación del Servicio Nacional de Estudios Territoriales, como inicio del actual Laboratorio de Calidad de Aguas.

Decreto de Creación No. 96

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR,  
CONSIDERANDO:

I Que es obligación del Estado asegurar a los habitantes de la República el goce de los derechos constitucionales, especialmente el derecho a la vida y a la integridad física, a la propiedad y posesión;

II Que El Salvador está expuesto a la incidencia de amenazas de origen natural y ambiental, por su elevada actividad sísmica y volcánica, por estar sujeto además al impacto de fenómenos de origen hidro meteorológico y por aquellas amenazas que se configuran en los procesos sociales de transformación del medio natural y en la proliferación de asentamientos cada vez más vulnerables;

III Que es necesario conocer los factores constitutivos del riesgo, amenazas y vulnerabilidad, como base para adoptar medidas que garanticen niveles adecuados de seguridad para la población frente a los eventos y procesos de riesgos de desastres;

IV Que por tales razones es necesario crear una entidad responsable de producir información oportuna en esta materia y que defina medidas adecuadas para la prevención y la reducción de riesgos ante desastres.

POR TANTO,  
En uso de sus facultades constitucionales,

DECRETA:

Creación del Servicio Nacional de Estudios Territoriales  
CAPITULO I Creación y Naturaleza



Art. 1.- Créase el Servicio Nacional de Estudios Territoriales como una unidad desconcentrada, adscrita al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en el texto de este Decreto se denominará "el SNET".

## CAPITULO II Objeto, Funciones y Atribuciones

Art. 2.- El SNET tendrá por objeto principal contribuir a la prevención y reducción del riesgo de desastre, por lo que será de su competencia lo relativo a la investigación y los estudios de los fenómenos, procesos y dinámicas de la naturaleza, el medio ambiente y la sociedad, que tengan relación directa e indirecta con la probabilidad de ocurrencia de desastres y, por tanto de pérdidas y daños económicos, sociales y ambientales.

Art. 3.- Para realizar con eficacia su objeto, el SNET tendrá las siguientes funciones y responsabilidades:

a) Desarrollar la investigación científica y los estudios especializados para usos relacionados con la prevención y reducción de riesgos, tanto en el campo de los desastres como en el desarrollo y en la planificación territorial y trasladar los resultados de dichas investigaciones y estudios a las instancias de gobierno responsables para que cada una ejecute las recomendaciones según su capacidad; b) Realizar la instrumentación, así como el monitoreo continuo y sistemático de los procesos y fenómenos meteorológicos, hidrológicos, sismológicos, vulcanológicos y de geotecnia con fines de pronóstico y alertamiento, para lo cual las entidades de Gobierno responsables de dicha actividad deberán hacer el traslado de infraestructura física y de equipos que permitan al SNET cumplir con dicha función; c) Validar y difundir la información de forma oportuna y eficiente a las autoridades y población en general, acerca de las amenazas y de las condiciones vulnerables cuya magnitud e importancia pueda traducirse en pérdidas y daños; d) Dimensionar la territorialidad de impacto de los fenómenos y procesos de amenazas, así como la naturaleza probable de las pérdidas y daños esperados. e) Promocionar y coordinar actividades de capacitación tendientes a mejorar el conocimiento existente sobre los diversos temas relacionados con la gestión del riesgo, dirigidas a quienes toman decisiones. Así como al sector privado y los organismos locales y comunitarios. f) Establecer los lineamientos en materia de prevención y reducción del riesgo, existente y futuro, a fin de que se incorporen en los planes programas y proyectos de desarrollo, así como en su aplicación a escala nacional, regional, sectorial y local. g) Elaborar y actualizar la cartografía temática en climatología, hidrología, geología y geomorfología, en coordinación con el instituto Geográfico nacional, universidades y otras dependencias públicas y privadas afines; h) Producir y actuar el Atlas Nacional de Riesgos de Desastres, y el apoyo a las comunidades para la preparación de mapas de escenarios locales de riesgo y de sus respectivos planes de mitigación; i) Proporcionar el soporte científico-técnico para el diseño, instalación y operación de los Sistemas de Aleta Temprana, en forma coordinada con otras instituciones y organismos competentes; j) Evaluar y reconocer los daños provocados por el impacto de los fenómenos y procesos naturales, ambientales y territoriales con el fin de integrar un acervo informático que sirva de base para la estimación de los patrones de riesgo; k) Promover y dar continuidad a las relaciones y convenios de cooperación nacionales e internacionales.

### CAPITULO III ADMINISTRACIÓN

Art. 4.- La Administración del SNET estará a cargo de un Director nombrado por el titular del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Art. 5.- La estructura organizativa y las atribuciones en las áreas de trabajo del SNET serán definidas mediante un Reglamento Interno que incluya los procedimientos y regulaciones para el funcionamiento del SNET.

### CAPITULO IV DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y VIGENCIA

Art. 6.- El monitoreo hidrometeorológico será ejecutado en la institución que actualmente tiene competencias al respecto, hasta que existan las condiciones necesarias para el normal funcionamiento del SNET. En un plazo que no excederá los 240 días a partir de la vigencia del presente Decreto.

Art. 7.- La coordinación y responsabilidad de las actividades de monitoreo sísmico, volcánico e hidrometeorológico estarán a cargo del SNET y a su Director deberán reportarse las entidades ejecutoras.

Art. 8.- El Director y un equipo básico de funcionamiento del SNET deberán formular el programa de fortalecimiento del mismo, con el propósito de cumplir de manera eficaz y eficiente las funciones asignadas a dicha entidad, incluyendo la formulación de un plan de trabajo y de la normativa correspondiente para que, transcurrido el plazo fijado en el Art. 6, adquiera las capacidades tecnológicas y científicas, así como la autonomía técnica, financiera y administrativa que le permita cumplir con sus funciones plenamente.

Art. 9.- El presente Decreto entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN CASA PRESIDENCIAL: San Salvador, a los catorce días del mes de septiembre del año dos mil uno.

FRANCISCO GUILLERMO FLORES PEREZ  
PRESIDENTE

ANA MARIA MAJANO  
MINISTRA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

## B. Anexo 2: Ficha de Tratamientos de Laboratorio de Calidad de Aguas

### 1. Área de Absorción Atómica.

#### 1.1 Metales Pesados

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Absorción Atómica.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados en el Laboratorio de Absorción Atómica.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el Laboratorio de Absorción Atómica utiliza un bidón de 4000 mL para acumular, todo residuo generado en cada análisis químico realizado en el esta área de laboratorio.

##### DESCRIPCIÓN DEL RESIDUO

<b>Código</b>	AA-Re	<b>Tipo de envase</b>	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Tóxico	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	Mezcla de metales	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	3000 mL
<b>Numero de envases</b>	3	<b>Frecuencia de llenado</b>	8

Fuente: Autores

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

##### Equipo:


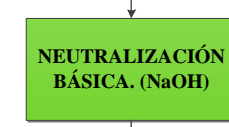
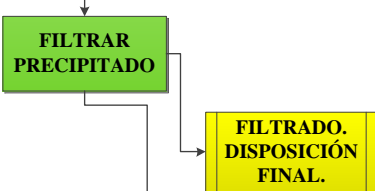
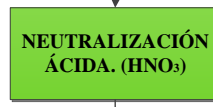


- 2 Beaker 500 mL
- 1 bureta 1000 mL
- Un soporte
- Equipo de protección personal
- Equipo de filtración

##### Reactivo:

- Hidróxido de sodio
- Ácido nítrico

## **5. PROCEDIMIENTO**

1. Agregar hidróxido de sodio hasta un pH de 12
  2. Filtrar el precipitado
  3. Agregar ácido nítrico hasta un pH de 6-8
  4. Tirar al desagüe, hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA
- Nota: selenio y arsénico precipitan solo como sulfuros

METALES PESADOS. PROCEDIMIENTO.		
FLUJO DE PROCESO	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
		
1	Extraer 100 ml de muestra del bidón del residuo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de la muestra: Mezcla de metales</li> </ul>
2		Agregar Hidróxido de Sodio hasta alcanzar un pH 11. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reacción exotérmica. Precaución.</li> <li>• Precipitar hasta llegar aun color naranja</li> </ul>
3		Secar el precipitado en la cámara de extracción de gases y encapsularlo. Enviarlo a una empresa autorizada por MARN para su disposición final.
4		Agregar ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 6-8. Según la normativa de agua residuales de ANDA
5		Desagüe. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA
		

## **6. Equipo de protección personal**

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## **7. ANEXOS**

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

## **2. Área de Análisis Físicoquímico primera planta**

### **2.1 Aceites y Grasas-Calcio-Dureza-Alcalinidad-BufferpH-conductividad**

## **1. OBJETIVO**

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Físicoquímica primera planta.

## **2. APLICACIÓN**

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados en el Laboratorio de Físicoquímica primera planta.

### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el Laboratorio de área Fisicoquímico de la primera planta utiliza un bidón de 5000 mL para acumular, los residuo generado en los análisis

#### Descripción de Aceites y Grasas-Calcio-Dureza-Alcalinidad-BufferpH-conductividad

Código	FQ1-AGCaDuAl	Tipo de envase	PET de alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Carburante, Toxico, Irritante	<b>Volumen de envase</b>	5000 mL
<b>Componentes</b>	Varios	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	2000 mL
<b>Numero de envases</b>	2	<b>Frecuencia de llenado</b>	7

Fuente: autores

### 4. MATERIAL Y EQUIPO

#### Equipo:

- Beaker de 600 mL
- Agitador
- Espátula
- Vidrio Reloj

#### Reactivo:

- Hidróxido de Sodio 1 M
- Ácido Nítrico 1 M

### 5. PROCEDIMIENTO

1. Tomar una mezcla de Aceites y grasas-Alcalinidad-Dureza-Calcio hasta completar 300 mL
2. Agregar residuos de determinación de DBO hasta un volumen de 1200 mL
3. Medir el pH
4. Si el pH es menor de 6 Agregar de Hidróxido de sodio y si pH es Mayor de 8 agregar ácido nítrico.
5. Tirar el desagüe

ALCALINIDAD-DUREZA-CALCIO-DBO. PROCEDIMIENTO			
	Fase	Fase	Fase
Función		Comentario	Observación
Función		Tomar una Mezcla de Residuo Alcalinidad-Dureza-Calcio hasta completar 300 mL	
Función		Agregar DBO hasta un volumen de 1200 ml	
Función		Medir el pH. Sí el pH es menor de 6 se deberá neutralizar con Hidróxido de Sodio y sí es mayor a 8 neutralizar Ácido Nítrico.	
Función		Desagüe Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA	
Función			



## 6. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## 7. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### 2.2 Cloruros

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Físicoquímica primera planta.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados del análisis del parámetro de Cloruros.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Físicoquímica primera planta utiliza un bidón de 2000 mL para acumular, el residuo generado en cada análisis

##### Descripción de envase de Cloruro

Código	FQ1-Clo	Tipo de Envase	PET de alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Toxico, Corrosivo, Carburante	<b>Volumen de envase</b>	2000 mL
<b>Componentes</b>	(Muestra + Cromato de Potasio + Nitrato de Plata + Cloruro de Sodio)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	1000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	3

Fuente: Autores

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

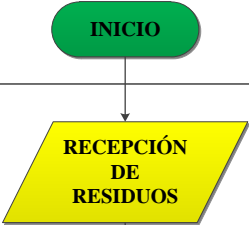
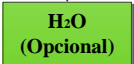
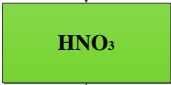

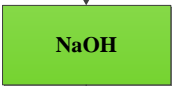





- Beaker de 600 mL
- Piceta
- Vidrio reloj
- Espátula
- Agitador

**Reactivo:**

- Ácido nítrico 1.25 M
- Sulfato ferroso 0.5 M
- Hidróxido de Sodio 1.25 M

#### 5. PROCEDIMIENTO

1. Tomar 300 mL de residuo
2. Agregar 100 mL de agua destilada (opcional)
3. Agregar 20 mL de ácido nítrico hasta llegar un pH de 1
4. Agregar 50 mL de sulfato ferroso a 0.5 M
5. Agitando contantemente adiciones hidróxido de sodio 1.5 M hasta que cambie a un color negro.
6. Dejar descansar por 24 horas
7. Decantar el líquido sobrante y filtrar
8. El líquido sobrante agregar con cuidado ácido nítrico 1.25 M hasta un pH de un rango de 8-6
9. Tirar el desagüe

CLORUOS. PROCEDIMIENTO		
	INDICACIONES	OBSERVACIONES
		
1	<p>Extraer 300 ml de la muestra de residuo</p>	
2		<p>Agregar 100 ml de agua destilada (opcional)</p>
3		<p>Agregar 20 ml de Ácido Nítrico hasta alcanzar un pH de 1</p>
Función		<p>Agregar 50 mL de Sulfato Ferroso a 0.5 M</p>
Función		<p>Agitando constantemente adicionar Hidróxido de Sodio 1.5 M hasta tornar a un tono color negro.</p>
Función		<p>Dejar descansar la solución por 24 horas</p>
Función		<p>Decantar y filtrar la fase superior líquido en el drenaje. Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final.</p>
5		<p>Agregar A la solución restante ácido nítrico hasta alcanzar un pH de un rango de 8-6</p>
6		<p>Desagüe. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA</p>
		

## **6. Equipo de protección personal**

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## **7. ANEXOS**

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

## **3. Área Análisis Fisicoquímico segunda planta**

### **3.1 Cianuro**

#### **1. OBJETIVO**

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Fisicoquímica Segunda planta.

#### **2. APLICACIÓN**

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados del análisis del parámetro de Cianuro.

#### **3. DESCRIPCIÓN**

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Fisicoquímica segunda planta utiliza un bidón de 500 mL para acumular, de manera colectiva, todo residuo generado de cada análisis químico realizado en el área de Fisicoquímica segunda planta.

<b>Descripción de envase de Cianuros</b>			
<b>Código</b>	FQ2-Ci	<b>Tipo de envase</b>	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Tóxico, Peligro al M.A.	<b>Volumen de envase</b>	500 mL
<b>Componentes</b>	Muestra + Cianuro de potasio + Hidróxido de sodio + Agua + Cyaniver 3 + Cyaniver 4 + Cyaniver 5	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	400 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	8
<b>Fuente: Autores</b>			

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

##### Equipo:

- Beaker de 600 mL
- Agitador
- Hotplate
- Cámara de extracción de gases
- Papel Filtro
- Cono
- Espátula
- Piceta
- Vidrio Reloj
- Balanza analítica

##### Reactivo:

- Hidróxido de Sodio al 1.25 M
- Hipoclorito de sodio al 12% p/p
- Ácido nítrico al 1.25 M
- Hidróxido de calcio

#### 5. PROCEDIMIENTO

1. Medir 200 mL de Residuo (el pH suele estar entre 8-10)
2. Añadir 50 mL de hidróxido de sodio hasta obtener un pH mayor a 10
3. Agregar 100 mL de hipoclorito de sodio al 12%, manteniendo el pH mayor de 10
4. Calentar por 10 minutos
5. Agregar 2 g de Hidróxido de calcio
6. Esperar la precipitación
7. Filtrar
8. El líquido sobrante agregar con cuidado ácido nítrico hasta un pH de 8
9. Tirar al desagüe

CIANUROS. PROCEDIMIENTO		
FLUJO DE PROCESO	INDICACIONES	OBSERVACIONES
1		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar un beaker de 500 ml.</li> <li>• El pH de la muestra suele encontrarse entre 8 y 10.</li> </ul>
2		<p>Añadir aproximadamente 50 ml de Hidróxido de Sodio hasta obtener un pH mayor a 10.</p>
3		<p>Agregar 100 ml de Hipoclorito de Sodio al 12%, manteniendo el pH mayor de 10.</p>
4		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se producirá una decoloración en la solución.</li> </ul>
5		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los sólidos filtrados deberán someterse a un proceso de solidificación/ encapsulamiento.</li> </ul>
6		<p>Neutralizar con Ácido Nítrico la solución filtrada hasta un pH entre 8-6. Según la normativa de agua residuales de ANDA</p>
7		<p>Desagüe. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA</p>

## 6. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles
- Mascarilla de Gases con filtro

## 7. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### 3.2 Cromo Hexavalente

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Fisicoquímica Segunda planta.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados en el análisis del parámetro de Cromo Hexavalente.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Fisicoquímica segunda planta utiliza un bidón de 5000 mL para acumular, el residuo generado en este análisis químico realizado en el área de Fisicoquímica segunda planta.

##### Descripción de envase de Cromo hexavalente

Código	FQ2-Cr6	Tipo de Envase	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Nocivo, Tóxico, Peligro al M.A. Corrosivo	<b>Volumen de envase</b>	5000 mL
<b>Componentes</b>	(Muestra + Cromaver 3)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	200 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	5

Fuente: Autores

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

##### Equipo:

- Beaker de 600 mL
- Piceta
- Agitador



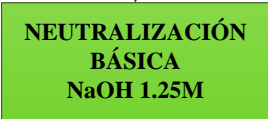


##### Reactivo:

- Hidróxido de sodio al 1.25 M

#### 5. PROCEDIMIENTO

- Medir 200 mL de residuo
- neutralizar hasta pH 6-8. añadiendo lentamente sodio hidróxido en solución 1.25 M aproximadamente una relación de 1:1.16
- Tirar al desagüe

##### CROMO HEXAVALENTE. PROCEDIMIENTO

	FLUJO DE PROCESO	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
Función			
Función		Extraer 200 ml de muestra del residuo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido del residuo: Cromaver 3 + Dicromato de potasio + Ácido sulfúrico conc. + Sulfato de mercurio + Sulfato de plata + Biftalato de potasio + Agua</li> </ul>
Función		Neutralizar la muestra de residuo hasta pH 6-8 añadiendo lentamente Hidróxido de Sodio 1.25 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La reacción obedece aproximadamente una relación de 1:1.16</li> </ul>
Función		Desagüe. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA	
Función			



## 6. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## 7. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### 3.3 Detergentes

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Fisicoquímica Segunda planta.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados del análisis del parámetro de Detergente.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Fisicoquímica segunda planta utiliza un bidón de 4000 mL para acumular, el residuo generado en este análisis realizado en el área de Fisicoquímica segunda planta.

##### Descripción de envase de Detergentes

Código	FQ2De	Tipo de envase	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Irritante, Inflamable, Tóxico	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	(muestra + Solución buffer de fosfatos + Almohadilla + Benceno)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	3000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	9

Fuente: Autores

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

- Beaker
- Vidrio Reloj
- Espátula
- Balanza analítica

**Reactivo:**

- Hidróxido de calcio
- Ácido nítrico al 1.25 M

#### 5. PROCEDIMIENTO

1. Colocar 1000 mL de residuo
2. Agregar 12 g Hidróxido de calcio
3. Esperar la precipitación
4. Filtrar
5. Agregar ácido nítrico al líquido sobrante

DETERGENTES. PROCEDIMIENTO			
	FLUJO DE PROCESO	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
Función			
Función		Extraer 1000 mL de muestra del bidón del residuo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contenido del residuo: muestra + Solución buffer de fosfatos + Almohadilla + Benceno</li> </ul>
Función		<p>Agregar 12 g Hidróxido de Calcio. Agitar y filtrar el precipitado.</p> <p>Secar el precipitado en la cámara de extracción de gases y encapsularlo.</p>	<p>Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final</p>
Función		Neutralizar con Ácido Nítrico hasta alcanzar un pH entre 6 y 8	
Función		Desagüe. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA	
Función			

## 6. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## 7. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### 3.4 DQO

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Fisicoquímica Segunda planta.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados del análisis del parámetro de DQO.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Fisicoquímica segunda planta utiliza un bidón de 5000 mL para acumular, este residuo generado del análisis realizado.

<b>Descripción de envase de DQO</b>			
<b>Código</b>	<b>FQ2P-DQO</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>PET alta densidad</b>
<b>Peligrosidad</b>	Nocivo, Tóxico, Peligro al M.A. Corrosivo	<b>Volumen de envase</b>	5000 mL
<b>Componentes</b>	(Dicromato de potasio + Ácido sulfúrico conc. + Sulfato de mercurio + Sulfato de plata + Bifalato de potasio + Agua)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	1000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	5

**Fuente: Autores**

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

- Papel filtro
- Cono
- Agitador
- Beaker de 600 mL
- Pipeta
- Piceta
- Hotplate

**Reactivo:**

- Glucosa al 50 % P/P
- Tiosulfato de sodio
- Cloruro de Sodio
- Sulfato ferroso 0.5 M
- Ácido Nítrico 1.25 M
- Hidróxido de Sodio 50 % p/p

#### 5. PROCEDIMIENTO

1. Tomar 500 mL de residuo
2. Agregar 25 mL de glucosa al 50%
3. Agitar constantemente por un tiempo de 50 Min (cambiara a un color azul-Verde)
4. Agregar 1 g de cloruro de sodio y agitar por 10 Min ( se forma una solución blanca)
5. Dejar descansar el precipitado formado por 24 horas
6. Filtrar el precipitado formado
7. Al líquido sobrante agregar 5 gr de Tiosulfato de sodio (Se forma una solución de color negro. Genera gases tóxicos)
8. Agitar contantemente por 2 horas
9. Dejar descansar el precipitado formado por 24 horas
10. Filtrar el precipitado formado
11. Al líquido sobrante agregar 85 mL de sulfato ferroso al 0.5 M y agitar contantemente
12. Agregar una solución de hidróxido de sodio al 50% p/p hasta que se forme un lodo negro
13. Dejar descansar el precipitado por 24 horas
14. El líquido sobrante agregar con cuidado ácido nítrico 1.25 hasta un pH de un rango de 8-6
15. Tirar el desagüe

DQO. PROCEDIMIENTO			
		INDICACIONES	OBSERVACIONES
	INICIO		
1	RECEPCIÓN DE RESIDUOS	Extraer 500 ml de la muestra de residuo	
2	$C_6H_{12}O_6$	Agregar 25 ml de glucosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agitar constantemente por tiempo de 50 Min (cambiará a un color azul-Verde)</li> </ul>
3	NaCl	Agregar 1 gr de cloruro de sodio y agitar por 10 Min	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se formará una solución blanca</li> </ul>
Función	REPOSO	Dejar descansar el precipitado formado por 24 horas	
Función	FILTRAR → FITRADO. DISPOSICIÓN FINAL	Filtrar el precipitado formado	Encapsular el filtrado. Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final
Función	$Na_2S_2O_3$	Al líquido sobrante agregar 5 gr de Tiosulfato de Sodio. Agitar constantemente por 2 horas	Se formará una solución de color negro. Precaución genera gases tóxicos.
Función	REPOSO	Dejar descansar el precipitado formado por 24 horas	
Función	FILTRAR → FITRADO. DISPOSICIÓN FINAL	Filtrar el precipitado formado	Encapsular el filtrado. Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final
Función	$FeSO_4$	Al líquido sobrante agregar 85 mL de sulfato ferroso al 0.5 agitando constantemente	
Función	NaOH	Agregar una solución de hidróxido de sodio al 4 M hasta que se forme un lodo negro.	Precaución: La solución se puede calentar
Función	REPOSO	Dejar descansar el precipitado formado por 24 horas	
Función	FILTRAR → FITRADO. DISPOSICIÓN FINAL	Filtrar el precipitado formado	Encapsular el filtrado. Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final
5	NEUTRALIZACIÓN $HNO_3$	Agregar A la solución restante ácido nítrico hasta alcanzar un pH de un rango de 8-6	
6	DISPOSICIÓN FINAL	Desague. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA	
	FIN		

## 6. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## 7. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### 3.5 Fenoles.

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Fisicoquímica Segunda planta.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados del análisis del parámetro de Fenoles.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Fisicoquímica segunda planta utiliza un bidón de 1000 mL para acumular, el residuo generado de este análisis

<b>Descripción de envase de Fenoles</b>			
<b>Código</b>	<b>FQ2-Fe</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>PET alta densidad</b>
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Nocivo, Toxico	<b>Volumen de envase</b>	1000 mL
<b>Componentes</b>	(Muestra + Solución estándar de fenol + Hidróxido de amonio + Solución tampón fosfato + Ferricianuro de potasio)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	500 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	4

**Fuente: Autores**

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

- Beaker de 600 mL
- Agitador
- Hotplate
- Cámara de extracción de gases
- Papel Filtro
- Cono
- Espátula
- Piceta

**Reactivo:**

- Hidróxido de Sodio al 1.25 M
- Hipoclorito de sodio al 12% p/p
- Ácido nítrico al 1.25 M
- Hidróxido de calcio

#### 5. PROCEDIMIENTO

1. Medir 200 mL de Residuo
2. Añadir hidróxido de sodio hasta obtener un pH mayor a 11
3. Agregar 100 mL de hipoclorito de sodio al 12%, manteniendo el pH mayor de 11
4. Calentar por 10 minutos
5. Agregar 2 g de Hidróxido de calcio
6. Esperar la precipitación
7. Dejar reposar por 24 horas
8. Decantar o filtrar
9. El líquido sobrante agregar con cuidado ácido nítrico hasta un pH de un rango de 8-6
10. Tirar el desagüe



FENOLES. PROCEDIMIENTO			
FLUJO DE PROCESO	INDICACIONES	OBSERVACIONES	
1		Extraer 200 ml de la muestra de residuo.	
2		Añadir Hidróxido de Sodio hasta obtener un pH mayor a 11.	
3		Agregar 100 ml de Hipoclorito de Sodio al 12%, manteniendo el pH mayor de 11.	
4		Calentar por 10 minutos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La solución presentará una coloración amarillenta.</li> </ul>
5	  	Agregar 2 gr de Hidróxido de Calcio a la solución. Esperar la precipitación y filtrar. Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El precipitado deberá formarse durante 24 horas siguientes.</li> <li>• Los sólidos filtrados deberán someterse a un proceso de solidificación/ encapsulamiento.</li> </ul>
6		Neutralizar con Ácido Nítrico la solución filtrada hasta un pH entre 6 y 8	
7		Desagüe. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA	

## 6. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles
- Mascarilla de Gases con filtro

## 7. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### 3.6 Fluoruros

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Físicoquímica Segunda planta.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados del análisis del parámetro de Fluoruros.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Físicoquímica segunda planta utiliza un bidón de 1000 mL para acumular, el residuo generado de este análisis

##### Descripción de envase de Fluoruros

Código	FQ2P-Flu	Tipo de envase	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Nocivo, Toxico	<b>Volumen de envase</b>	1000 mL
<b>Componentes</b>	( muestra Reactivo SPADNS)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	500 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	5

Fuente: Autores

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

- Beaker
- Vidrio Reloj
- Espátula
- Balanza analítica

**Reactivo:**

- Hidróxido de calcio
- Ácido nítrico al 1.25 M

#### 5. PROCEDIMIENTO

1. Colocar 200 mL de Reactivo
2. Agregar 5 g Hidróxido de calcio
3. Esperar la precipitación
4. Filtrar
5. Agregar ácido nítrico al líquido sobrante

FLORUROS. PROCEDIMIENTO		
FLUJO DE PROCESO	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
Función		
Función	<p>Extraer 200 ml de muestra del bidón del residuo.</p>	
Función	<p>Agregar 5 g Hidróxido de Calcio. Agitar y filtrar el precipitado.</p> <p>Secar el precipitado en la cámara de extracción de gases y encapsularlo. Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se da un cambio de color</li> </ul>
Función	<p>Neutralizar con Ácido Nítrico hasta alcanzar un pH entre 6-8</p>	
Función	<p>Desagüe. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA</p>	
Función		

## 6. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles
- Mascarilla de Gases con filtro

## 7. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### 3.7 Nitritos y Nitratos

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Fisicoquímica Segunda planta.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados del análisis del parámetro de Nitratos y nitritos.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Fisicoquímica segunda planta utiliza un bidón de 1000 mL litros para acumular, el residuo generado de este análisis

##### Descripción de envase de Nitritos y Nitratos

Código	FQ2-Ni	Tipo de Envase	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Tóxico, peligroso al ambiente, Nocivo	<b>Volumen de envase</b>	1000 mL
<b>Componentes</b>	(Muestra + NitraVer 5)( Muestra + NitriVer3)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	500 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	9

Fuente: Autores

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

##### Equipo:

- Beaker 600 mL
- Agitador

##### Reactivo:

- Hidróxido de amonio (puede ser sustituido por hidróxido de sodio al 1.25)
- Ácido nítrico

## 5. PROCEDIMIENTO

1. Colocar 400 mL de residuo (tiene un pH aproximadamente de 1.9)
2. Agregar hidróxido de amonio aproximadamente 110 gotas al residuo (Puede sustituir el hidróxido de amonio por hidróxido de sodio la cantidad para agregar varía según la concentración pero se tiene que llegar a un pH de 12 para lograr la precipitación)
3. Permitir que el precipitado se asiente por un tiempo (si usa hidróxido de sodio esperar hasta 5 días para mejores resultados)
4. Decantar el líquido sobrante. Agregar Ácido nítrico hasta ajustar un pH entre 6-8
5. El precipitado secarlo en la cámara de extracción de gases y encapsularlo.

NITRATOS Y NITRITOS. PRCEDIMIENTO		
FLUJO DE PROCESO	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
1		<p>Extraer 400 ml de muestra del residuo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El pH de la muestra debe encontrarse aproximadamente en 1.9.</li> </ul>
2		<p>Agregar aproximadamente 110 gotas de Hidróxido de Amonio a la muestra de residuo para producir la precipitación. Filtrar.</p> <p>Secar el precipitado en la cámara de extracción de gases y encapsularlo. Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede sustituir el <math>\text{NH}_4\text{OH}</math> por <math>\text{NaOH}</math> usando la cantidad necesaria para alcanzar un pH de 12 y lograr la precipitación.</li> <li>• Permitir que el precipitado se asiente por un tiempo, sí utiliza hidróxido de sodio como agente precipitador deberá esperar hasta 5 días para mejores resultados</li> </ul>
3		<p>Neutralizar con Ácido Nítrico hasta ajustar un pH entre 6-8.</p>
4		<p>Desague. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA</p>

## 6. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## 7. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### 3.8 Nitrógeno Amoniacal – NTK

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Fisicoquímica Segunda planta.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados del análisis del parámetro de Nitrógeno amoniacal y NTK.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Fisicoquímica segunda planta utiliza un bidón de 4000 mL para acumular, el residuo generado en el análisis.

##### Descripción de envase de nitrógeno amoniacal - NTK

Código	FQ2-NiNTK	Tipo de envase	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Tóxico, corrosivo, peligro al M.A. Nocivo, carburante	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	(muestra + Estabilizador mineral + Alcohol polivinilico + Reactivo nessler) (Ácido sulfúrico + Peróxido de hidrógeno + Indicador NTK + Alcohol polivinilico + Estabilizador mineral + Reactivo nessler)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	3000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	13

Fuente: Autores

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

- Beaker 600 mL
- Agitador

**Reactivo:**

- Hidróxido de sodio al 3.5 M
- Tiosulfato de sodio al 20 % p/p
- Ácido nítrico

#### 5. PROCEDIMIENTO

1. Colocar 100 mL de residuo
2. Agregar hidróxido de sodio hasta un pH de 10 o mayor
3. Agregar 200 mL de Tiosulfato de sodio
4. Esperar 24 horas para asentar el precipitado
5. Decantar el líquido. Agregar ácido cítrico hasta llevar el pH hasta un rango de 8-6
6. Secar el precipitado en la cámara de extracción de gases



NITROGENO AMONICAL NTK. PROCEDIMIENTO		
FLUJO DE PROCESO	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
<p>Función</p>		
<p>Función</p>	<p>Extraer 100 ml de muestra del bidón del residuo.</p>	<p>Contenido del residuo: Estabilizador mineral + Alcohol polivinilico + Reactivo nessler) (Ácido sulfúrico + Peróxido de hidrógeno + Indicador NTK + Alcohol polivinilico + Estabilizador mineral + Reactivo nessler)</p>
<p>Función</p>	<p>Agregar Hidróxido de Sodio hasta Alcanzar un pH Mayor o igual a 10.</p>	
<p>Función</p>	<p>Agregar 200 ml de Tiosulfato de sodio y esperar la formación de precipitado durante 24 horas. Secar el precipitado en la cámara de extracción de gases y encapsularlo. Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperar la formación de precipitado durante al menos 24 horas.</li> </ul>
<p>Función</p>	<p>Neutralizar con Ácido Nítrico hasta alcanzar un pH entre 6-8</p>	
<p>Función</p>	<p>Desagüe. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA</p>	
<p>Función</p>		

## 6. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## 7. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### 3.9 Sílice-Fosfato-Fosforo Total

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Físicoquímica Segunda planta.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados del análisis del parámetro de Sílice, Fosfato y Fosforo total.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Físicoquímica segunda planta utiliza un bidón de 4000 mL para acumular, el residuo generado en el análisis

##### Descripción de envase de Sílice-Fosfato-Fosforo total

Código	FQ2-SiPO4Pho	Tipo de envase	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Tóxico	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	(Muestra + Ácido sulfúrico + Molibdato de amonio + Ácido oxálico + Metasilicato de sodio)( FosVer 3, Ácido ascórbico, Pírosulfato de potasio, Molibdato de sodio)( FosVer 3, Ácido ascórbico, Pírosulfato de potasio, Molibdato de sodio, Persulfato de potasio, digestión de fósforo total)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	3000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	5

Fuente: Autores

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

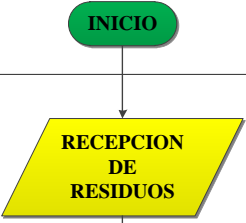
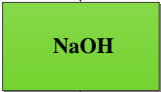
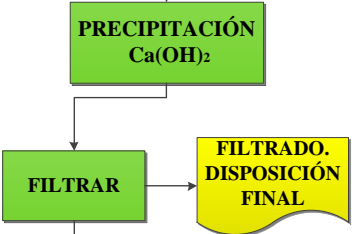



- Beaker de 600 mL
- Agitador
- Papel filtro
- Espátula
- Piceta
- Vidrio Reloj

**Reactivo:**

- Hidróxido de sodio 1.25 M
- Ácido nítrico 1.25 M
- Hidróxido de Calcio

#### 5. PROCEDIMIENTO

1. Tomar 1000 mL de Residuo
2. Agregar 155 mL de Solución de Hidróxido de Sodio al 1.25
3. Agregar 13 g de hidróxido de calcio
4. Dejar reposar por 2 Horas
5. Filtrar el Precipitado
6. El líquido sobrante agregar con cuidado ácido nítrico hasta un pH de un rango de 8-6
7. Tirar el desagüe. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA

SÍLICE-FOSFATO-FOSFORO TOTAL. PROCEDIMIENTO		
FLUJO DE PROCESO	INDICACIONES	OBSERVACIONES
1		<p>Extraer 1000 mL de la muestra de residuo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar un beaker de 500 ml.</li> <li>•</li> </ul>
2		<p>Agregar 155 ml de Solución de Hidróxido de Sodio al 1.25 M</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe formarse una cambio de coloración.</li> </ul>
5		<p>Agregar 13 gr de Hidróxido de Calcio. Esperar la precipitación y filtrar. Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final.</p> <p>Dejar reposar la precipitación por 2 horas. Pueden formarse sólidos insolubles. Los sólidos filtrados deberán someterse a un proceso de solidificación/encapsulamiento.</p>
6		<p>Neutralizar la solución filtrada con Ácido Nítrico hasta un pH entre 6 y 8</p>
7		<p>Desagüe. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA</p>
		

### 6. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## 7. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### 3.10 Sulfatos-Sulfuros

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y descartes de muestras generados en el área de Fisicoquímica Segunda planta.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos que son generados del análisis del parámetro de Sulfatos y Sulfuros.

#### 3. DESCRIPCIÓN

Para la captación y almacenamiento de residuos, el área de Fisicoquímica segunda planta utiliza un bidón de 4000 mL para acumular, los residuos generados en los análisis.

##### Descripción de envase de Sulfato-Sulfuros

Código	FQ2-SuSi	Tipo de envase	PET alta densidad
<b>Peligrosidad</b>	Corrosivo, Toxico	<b>Volumen de envase</b>	4000 mL
<b>Componentes</b>	Muestra + SulfaVer 4 + Solución estándar de 100 mg/L de Sulfatos)( Muestra + Sulfide 1 + Sulfide 2)	<b>Volumen mínimo para tratamiento</b>	3000 mL
<b>Numero de envases</b>	1	<b>Frecuencia de llenado</b>	8

Fuente: Autores

#### 4. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

- Beaker de 600 mL
- Piceta
- Vidrio reloj
- Espátula
- Agitador

**Reactivo:**

- Ácido nítrico 1.25 M
- Sulfato ferroso 0.5 M
- Hidróxido de Sodio 1.5 M

#### 5. PROCEDIMIENTO

1. Tomar 300 mL de residuo
2. Agregar 100 mL de agua destilada (opcional)
3. Agregar 20 mL de ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 1
4. Agregar 50 mL de sulfato ferroso a 0.5 M
5. Agitando constantemente adicionar hidróxido de sodio 1.5 M hasta que cambie a un color negro.
6. Dejar descansar por 24 horas
7. Decantar el líquido sobrante y filtrar
8. El líquido sobrante agregar con cuidado ácido nítrico 1.25 hasta un pH de un rango de 8-6
9. Tirar el desagüe

SULFUROS-SULFATOS. PROCEDIMIENTO			
		INDICACIONES	OBSERVACIONES
	INICIO		
1	RECEPCIÓN DE RESIDUOS	Extraer 300 ml de la muestra de residuo	
2	H <sub>2</sub> O (Opcional)	Agregar 100 ml de agua destilada (opcional)	
3	HNO <sub>3</sub>	Agregar 20 ml de Ácido Nítrico hasta alcanzar un pH de 1	
Función	FeSO <sub>4</sub>	Agregar 50 mL de Sulfato Ferroso a 0.5 M	
Función	NaOH	Agitando constantemente adicionar Hidróxido de Sodio 1.5 M hasta tornar a un tono color negro.	
Función	REPOSAR	Dejar descansar la solución por 24 horas	
Función	DECANTAR	Decantar la fase superior líquida en el drenaje	Enviar el precipitado a una empresa autorizada por MARN para su disposición final.
5	NEUTRALIZACIÓN HNO <sub>3</sub>	Agregar A la solución restante ácido nítrico hasta alcanzar un pH de un rango de 8-6	
6	DISPOSICIÓN FINAL	Desague. Hasta que cumpla con la normativa de aguas residuales de ANDA	
	FIN		

## **6. Equipo de protección personal**

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## **7. ANEXOS**

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

## **4. Procedimiento estándar de operación: manejo y descarte de muestra en el área de bacteriología**

### **1. OBJETIVO**

Contar con las instrucciones para el manejo y descartes de muestras en el área de bacteriología.

### **2. APLICACIÓN**

Este procedimiento es aplicable a muestras de aguas recibidas en el área de Bacteriología.

### **3. DEFINICIONES**

COLIFORMES	Bacilos gran negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos que a 35°C fermentan la lactosa con la producción de gas bajo condiciones específicas.
------------	---

### **4. RESUMEN DEL MÉTODO**

El manejo y descarte de muestras en el área de bacteriología, debe asegurar la integridad de la muestra que ingresa al laboratorio para obtener resultados confiables y asegurar una manipulación adecuada para prevenir contaminación cruzada de muestras como del personal que trabaja en el área de bacteriología. El descarte de muestras debe realizarse después de la esterilización de muestras y de los desechos generados del análisis de Coliformes totales y fecales.



## 5. MATERIALES, EQUIPOS, MEDIOS Y REACTIVOS

5.1	Autoclave	5.6	Cinta indicadora de esterilidad
5.2	Refrigerador	5.7	Alcohol
5.3	Gradillas	5.8	Amonio Cuaternario
5.4	Tubos con tapón de rosca	5.9	Lejía
5.5	Campanas Durham	5.10	Papel Toalla

## 6. PRECAUCIONES

### 6.1 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Utilizar la indumentaria necesaria en cada uno de los procesos de análisis y limpieza del material

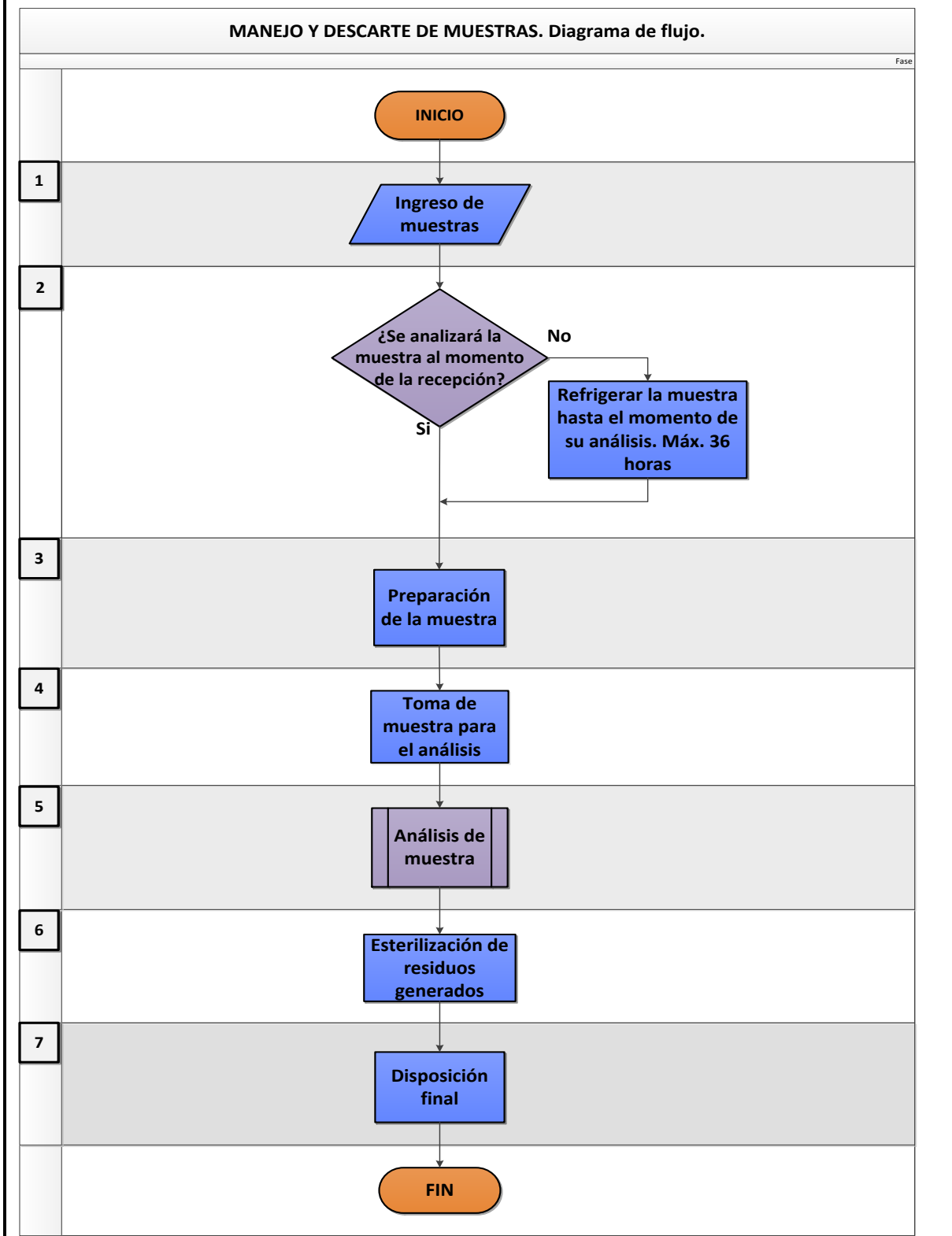
### 6.2 PRECAUCIONES DE OPERACIÓN

- 6.2.1 No manipular el autoclave cuando está en funcionamiento ya que esto puede provocar un accidente.
- 6.2.2 No abrir la autoclave cuando la presión no haya llegado a CERO.
- 6.2.3 Verificar que la autoclave tenga la cantidad de agua necesaria para su funcionamiento.
- 6.2.4 Utilizar guantes que resguarden del calor para retirar material caliente.
- 6.2.5 Lavar el autoclave con jabón libre de fosfatos.

## 7. PROCEDIMIENTO

El personal que manipula las muestras que ingresan al área de bacteriología deben utilizar la indumentaria respectiva para recibir muestras, auxiliándose de bandejas donde se colocan las muestras para transportarlas al área de análisis, si estas no se van a analizar en el momento de recepción de la muestra se deberá colocar en refrigeración hasta el momento de su análisis, el tiempo de almacenamiento no debe superar las 36 horas. Antes del análisis las muestras son llevadas a temperatura ambiente y agite adecuadamente. Después de tomar la muestra para el análisis la bolsa o frasco utilizado para la toma de muestra se sella nuevamente y se almacena en refrigeración. Después de realizado el análisis los tubos conteniendo los desechos del análisis son esterilizados en gradillas a 121°C y 15 libras de presión durante 15 minutos. Se deja enfriar y se descarta en el lavabo al igual que la muestra restante almacenada después de realizar el análisis. El material utilizado para la manipulación y análisis de las muestras también debe recibir esterilización antes de disponerlos en los depósitos de basura que serán retirados por el servicio municipal.

## 7.1 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO. Diagrama de flujo



<b>PASO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>TAREA</b>	<b>REGISTRO</b>
1	Ingreso de muestras		Recepción de muestras: Bacilos gran negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos que a 35°C fermentan la lactosa con la producción de gas bajo condiciones específicas.	
2	Refrigerar	Técnico de Laboratorio	Sí la muestra no será analizada en el momento de su la recepción, esta deberá refrigerarse hasta el momento de su análisis, el tiempo de almacenamiento no debe superar las 36 horas.	
3	Preparación de la muestra	Técnico de Laboratorio	Antes del análisis, las muestras deben ser llevadas a temperatura ambiente y ser agitadas adecuadamente.	
4	Toma de muestra para el análisis	Técnico de Laboratorio	Toma de la muestra necesaria para el análisis químico. Después de tomar la muestra para el análisis, la bolsa o frasco utilizado para la toma de muestra se sella nuevamente y se almacena en refrigeración.	
5	Análisis de muestra	Técnico de Laboratorio	Análisis bacteriológico	
6	Esterilización de residuos generados	Técnico de Laboratorio	Después de realizado el análisis los tubos conteniendo los desechos del análisis son esterilizados en gradillas a 121°C y 15 libras de presión durante 15 minutos, incluyendo la muestra restante almacenada después de realizar el análisis y el	Formulario de registro de uso del autoclave

			materiales utilizados para la manipulación y análisis de las muestras.	
7	<b>Disposición final</b>	Técnico de Laboratorio	Se deja enfriar y se descarta en el lavabo.	

## 8. REGISTROS

13.1 Formulario de registro de uso de la autoclave.

## 9. MANEJO DE RESIDUOS

Todos los residuos generados deben ser esterilizados antes de su deposición final.

## 10. REFERENCIA

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21<sup>st</sup> edition. USA.

### 5. Procedimiento para el tratamiento de desechos sólidos.

#### 5.1 Cristalería

### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos sólidos generados en el laboratorio de calidad de Agua.

### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los residuos sólidos de cristalería generados en el laboratorio.

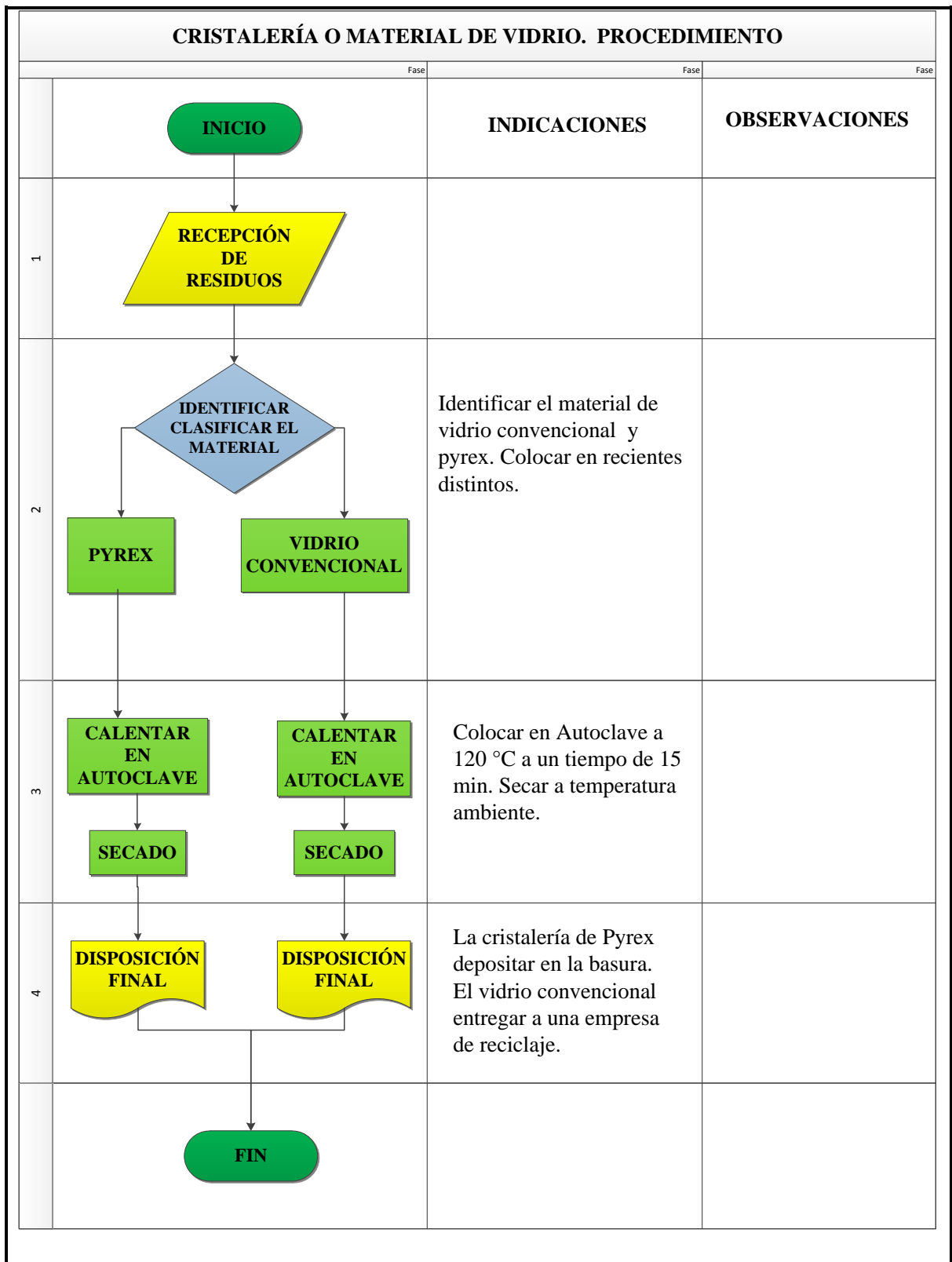
### 3. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

- Autoclave

#### **4. PROCEDIMIENTO**

1. Identificar el material de vidrio convencional y pyrex
2. Colocar en recipientes distintos.
3. Colocar en Autoclave a 120 °C a un tiempo de 15 min
4. Secar a temperatura ambiente.



## **5. Equipo de protección personal**

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## **6. ANEXOS**

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### **5.2 Guantes**

#### **1. OBJETIVO**

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos sólidos generados en el laboratorio de calidad de Agua.

#### **2. APLICACIÓN**

Este procedimiento es aplicable a los residuos sólidos generados en el laboratorio.

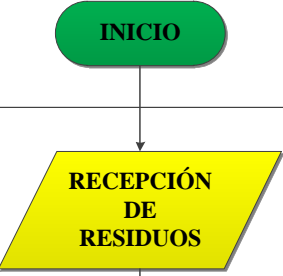
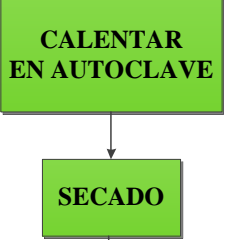


#### **3. MATERIAL Y EQUIPO**

**Equipo:**

- Autoclave

#### **4. PROCEDIMIENTO**

1. Colocar los guantes acumulados en depósito
2. colocar en Autoclave a 120 °C a un tiempo de 15 min
3. Secar a temperatura ambiente
4. Entregar a una empresa de reciclaje

GUANTES. PROCEDIMIENTO			
		INDICACIONES	OBSERVACIONES
			
1		Colocar los guantes acumulados en depósito adecuado	
2		Colocar el depósito en el autoclave a 120 °C durante un tiempo de 15 min. Secar a temperatura ambiente.	
3		Entregar a una empresa de reciclaje.	
			

### 5. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

### 6. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.



### 5.3 Papel de oficina

#### **1. OBJETIVO**

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos sólidos generados en el laboratorio de calidad de Agua.

#### **2. APLICACIÓN**

Este procedimiento es aplicable a los residuos sólidos de papel de oficina generados en el laboratorio.

#### **3. PROCEDIMIENTO**

1. Colocar en papel en contenedores
2. Verificar la ausencia de residuos plásticos o vidrio
3. Transferir el material a una bolsa
4. Entregar a una empresa de reciclaje

PAPEL DE OFICINA. PROCEDIMIENTO			
		INDICACIONES	OBSERVACIONES
1		Colocar en papel en contenedores adecuados.	
2		<p>Verificar la ausencia de residuos plásticos o vidrio.</p> <p>Transferir el material a una bolsa. (Contenedor final).</p>	
3		Entregar a una empresa de reciclaje.	

5. Equipo de protección personal
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Guantes de látex descartables</li> <li>▪ Gabacha de tela</li> <li>▪ Lentes de protección visual tipo goggles</li> </ul>

6. ANEXOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Registro de proceso.</li> <li>▪ Registro de reactivo utilizado.</li> </ul>

## 5.4 Papel de Operaciones

### **1. OBJETIVO**

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos sólidos generados en el laboratorio de calidad de Agua.

### **2. APLICACIÓN**

Este procedimiento es aplicable a los residuos sólidos de papel de operaciones generados en el laboratorio.

### **3. PROCEDIMIENTO**

1. Colocar en papel en contenedores
2. Verificar la ausencia de Residuos peligrosos
3. Transferir el material a una bolsa y cerrarla bien
4. Depositar en la basura normal

PAPEL DE OPERACIONES. PROCEDIMIENTO			
		INDICACIONES	OBSERVACIONES
1		Colocar en papel en contenedores adecuados.	
2		<p>Verificar la ausencia de residuos peligrosos, plásticos o vidrio</p> <p>Transferir el material a una bolsa. (Contenedor final).</p>	
3		Depositar en la basura normal	

7. Equipo de protección personal
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Guantes de látex descartables</li> <li>▪ Gabacha de tela</li> <li>▪ Lentes de protección visual tipo goggles</li> </ul>

8. ANEXOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Registro de proceso.</li> <li>▪ Registro de reactivo utilizado.</li> </ul>

## 6. Procedimiento ante Derrames

### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de derrames generados en el laboratorio de calidad de agua

### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a los Casos de emergencia en residuos derramados

### 3. MATERIAL Y EQUIPO

#### Equipo:

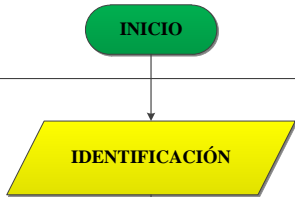








- Pala
- Arena para Gatos
- Arcilla
- Barro
- Bentonita
- Vermiculita
- Recipiente solido
- Bolsa de basura

#### Reactivo:

- Agua
- Ácido nítrico 1.25
- Hidróxido de Sodio 1.25 M
- Carbonato de Sodio 1.25 M

### 4. PROCEDIMIENTO

1. Identificar el residuo o material derramado
2. Colocar sobre el líquido derramado el material adsorbente (vermiculita, barro, arena, arena para gato o bentonita. O puede ser una mezcla de ellos).
3. Si la sustancia derramada es un residuo ácido prepare una solución de hidróxido de sodio, carbonato de sodio o carbonato de calcio.
4. En caso que sea una solución Básico, prepare una solución de Ácido nítrico.
5. Agregue lentamente la solución de neutralización.
6. Si la mezcla se calienta agregue agua fría.
7. Agregar un poco material absorbente y agregue agua fría.
8. Retirar La masa del material adsorbente y depositar en la basura.

DERRAMES. PROCEDIMIENTO		
	INDICACIONES	OBSERVACIONES
		
1	Identificar el residuo o material derramado	
		
2	Colocar sobre el líquido derramado el material adsorbente (vermiculita, barro, arena, arena para gato o bentonita. O puede ser una mezcla de aquellos).	
		
3		
	<p><b>6 &lt; pH &lt; 8</b></p> 	
	<p><b>pH &lt; 6</b></p> 	<p>Si la sustancia derramada es un residuo ácido prepare una solución de hidróxido de sodio, carbonato de sodio o carbonato de calcio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregue lentamente la solución de neutralización.</li> <li>• Si la mezcla se calienta agregue agua fría</li> </ul>
	<p><b>pH &gt; 8</b></p> 	<p>En caso que sea una solución Básico, prepare una solución de Ácido nítrico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregue lentamente la solución de neutralización.</li> <li>• Si la mezcla se calienta agregue agua fría</li> </ul>
		
4	Agregar un poco material absorbente y agregue agua fría.	
		
5	Retirar la masa del material adsorbente y depositarla en la basura convencional.	
		

## 5. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

## 6. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

## 7. Procedimientos para la recuperación de Residuos

### 7.1 Éter

#### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y recuperación de Éter.

#### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a la recuperación de Éter de petróleo.

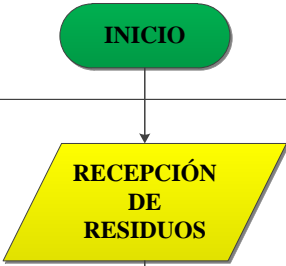
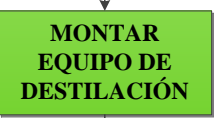
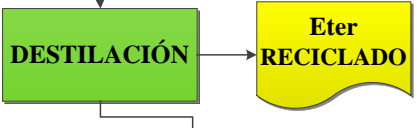

#### 3. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

- Equipo de Destilación

#### 4. PROCEDIMIENTO

1. Montar el equipo de destilación en la cámara de extracción de gases
2. Colocar los recipientes sobre baño maría y colocar al equipo de destilación
3. Calentar paulatinamente hasta una temperatura de 70°C
4. Esperar hasta que se agote el líquido a destilar.
5. El Éter recuperado colocarlo en un recipiente

RECUPERACIÓN DE ETÉR. PROCEDIMIENTO			
		INDICACIONES	OBSERVACIONES
1			
2			
3		<p>Colocar los recipientes sobre baño maría e iniciar la destilación. Calentar paulatinamente hasta una temperatura de 40°C.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperar hasta que agote el líquido a destilar.</li> <li>• Colocar el Eter reciclado en un recipiente adecuado</li> </ul>
4			

5. Equipo de protección personal
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Guantes de látex descartables</li> <li>▪ Gabacha de tela</li> <li>▪ Lentes de protección visual tipo goggles</li> </ul>

6. ANEXOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Registro de proceso.</li> <li>▪ Registro de reactivo utilizado.</li> </ul>



## 7.2 Benceno

### 1. OBJETIVO

Contar con las instrucciones para el manejo de residuos y recuperación de Benceno.

### 2. APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a la recuperación de Benceno.

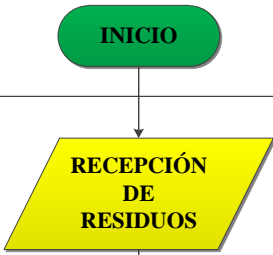
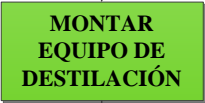
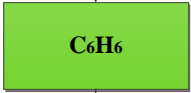
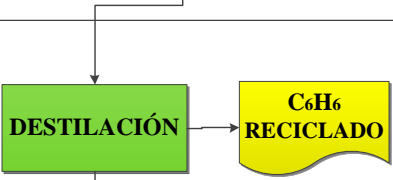

### 3. MATERIAL Y EQUIPO

**Equipo:**

- Equipo de Destilación

### 4. PROCEDIMIENTO

1. Montar el equipo de destilación en cámara de extracción de gases
2. Agregar 200 mL de benceno previamente filtrado con algodón
3. Calentar paulatinamente hasta una temperatura de 85°C
4. Esperar hasta que se agote el líquido a destilar.
5. El benceno reciclado colocarlo en un recipiente
6. El líquido sobrante depositarlo en un recipiente para su disposición final

RECUPERACIÓN DE BENCENO. PROCEDIMIENTO			
		INDICACIONES	OBSERVACIONES
1			
2			
3		Agregar a la muestra de residuo 200 ml de benceno	
4		Someter la muestra a destilación a una temperatura de 85°C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperar hasta que agote el líquido a destilar.</li> <li>• Colocar el benceno reciclado en un recipiente adecuado</li> </ul>
5		Neutralizar el líquido remanente	

### 5. Equipo de protección personal

- Guantes de látex descartables
- Gabacha de tela
- Lentes de protección visual tipo goggles

### 6. ANEXOS

- Registro de proceso.
- Registro de reactivo utilizado.

### C. Anexo 3. Actualización de los pictogramas de seguridad

A continuación se muestra la comparación de los antiguos pictogramas con los nuevos además de su significado.

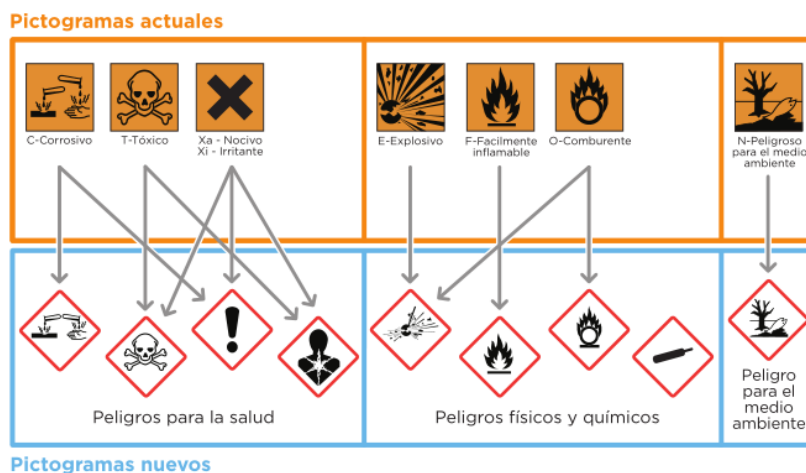


Figura: comparación de pictogramas antiguos con los nuevos.

#### Significado de los pictogramas

Pictograma	Significado
	<p><b>Producto Tóxico</b></p> <p>La calavera y las tibias cruzadas indican que el producto puede producir efectos adversos para la salud, incluso en pequeñas dosis. Puede provocar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, pérdidas de conocimiento e incluso la muerte.</p> <p>La inhalación y la ingestión o absorción cutánea en pequeñas cantidades, pueden provocar daños para la salud de magnitud considerable, eventualmente con consecuencias mortales.</p>
	<p><b>Peligro para la salud</b></p> <p>Los productos que contengan este pictograma pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos cancerígenos, es decir, que pueden provocar cáncer.</li> <li>- Productos mutágenos, que pueden modificar el ADN de las células y pueden provocar daños a la persona expuesta o a su descendencia.</li> <li>- Productos tóxicos para la reproducción, que pueden producir efectos nefastos en las funciones sexuales, perjudicar la fertilidad, provocar la muerte del feto o producir malformaciones.</li> <li>- Productos que pueden modificar el funcionamiento de ciertos órganos, cómo el hígado, el sistema nervioso, etc.</li> <li>- Productos que pueden entrañar graves efectos sobre los pulmones.</li> <li>- Productos que pueden provocar alergias respiratorias.</li> </ul>

	<p>Signo de Exclamación El producto que lo contenga puede producir efectos adversos en dosis altas. También puede producir irritación en ojos, garganta, nariz y piel. Provoca alergias cutáneas, somnolencia y vértigo.</p>
	<p>Corrosivo La corrosión indica que el producto puede causar daños irreversibles a la piel u ojos en caso de contacto o proyección, o que el producto químico es corrosivo y puede atacar o destruir metales.</p>
	<p>Inflamable La llama indica que el producto puede inflamarse al contacto con una fuente de ignición (llama, chispa, electricidad estática, etc...), y que puede inflamarse por efecto de calor o fricción; al contacto con el aire o agua; o si se liberan gases inflamables.</p>
	<p>Comburente La llama sobre un círculo indica que el producto puede provocar o agravar un incendio o una explosión en presencia de productos combustibles, que son aquellos que favorecen la acción de arder o quemar.</p>
	<p>Explosivo La bomba explotando indica que el producto puede explotar al contacto con una llama, chispa, electricidad estática, bajo efecto del calor, choques, fricción, etc...</p>
	<p>Bombona de gas Los productos con este pictograma, la bombona de gas, son gases a presión en un recipiente. Algunos pueden explotar con el calor. Se trata de gases comprimidos, licuados o disueltos. Los licuados refrigerados pueden producir quemaduras o heridas relacionadas con el frío, son las llamadas quemaduras o heridas criogénicas.</p>
	<p>Peligroso para el medio ambiente El producto que lo contenga puede ser peligroso para el medio ambiente. También puede provocar efectos nefastos para los organismos del medio acuático (peces, crustáceos, algas, otras plantas acuáticas, etc.). Debido a su riesgo potencial, no debe ser liberado en las cañerías, en el suelo o directamente en la naturaleza. En el caso de ser liberado en el medio acuático y no acuático puede producir un daño al ecosistema por cambio del equilibrio natural, inmediatamente o con posterioridad. Ciertas sustancias o sus productos de transformación pueden alterar simultáneamente diversos compartimentos.</p>

Fuente: <http://www.cecu.es/publicaciones/INC10GuiaPictogramas.pdf>

#### **D. Anexo 4. Análisis de parámetros obligatorios para las aguas residuales del tipo especial**

A continuación se presentan los análisis obligatorios del CAPITULO III del Reglamento Especial de Aguas Residuales. (MARN , 2008)

Aguas residuales de tipo ordinario

Art. 13.- Durante el análisis de las características físico - químicas y microbiológicas de las aguas residuales de tipo ordinario deberán ser determinados, esencialmente, los valores de los siguientes componentes:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>);
- b) Potencial hidrógeno (pH);
- c) Grasas y aceites (G y A);
- d) Sólidos sedimentales (SSed);
- e) Sólidos suspendidos totales (SST);
- f) Coliformes totales (CT), y
- g) Cloruros (Cl).

Obligatoriedad de análisis

Art. 14.- Los análisis de Coliformes Fecales serán obligatorios cuando:

- a) Las aguas residuales fueren vertidas en medios receptores de agua utilizados para actividades recreativas de contacto primario, acuicultura o pesca;
- b) Se originen en hospitales, centros de salud, laboratorios microbiológicos, y
- c) En los casos del Permiso Ambiental.

## Aguas Residuales de tipo especial

Art. 15.- En los análisis de las características físico - químicas y microbiológicas de las aguas residuales de tipo especial vertidas a un medio receptor, deberán ser determinados esencialmente los valores de los siguientes componentes e indicadores:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>);
- b) Demanda Química de Oxígeno (DQO);
- c) Potencial hidrógeno (pH);
- d) Grasas y aceites (G y A);
- e) Sólidos sedimentables (Ssed);
- f) Sólidos suspendidos totales (SST), y
- g) Temperatura (T).

## CAPITULO IV (MARN , 2008)

### MUESTREO, ANÁLISIS E INFORMES OPERACIONALES

#### Aplicación de muestreo y análisis

Art. 17.- Las frecuencias de muestreo y análisis establecidas en este Reglamento son las mínimas requeridas para la elaboración y presentación de los informes operacionales. Su aplicación se limita a las aguas residuales vertidas en cualquier medio receptor.

#### Frecuencia mínima de muestreo y análisis de aguas residuales de tipo ordinario

Art. 18.- La frecuencia mínima de muestreo y análisis según caudal y componentes característicos, de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario, se realizará según se establece a continuación:

PARÁMETROS	CAUDAL m <sup>3</sup> / día		
	< 50	> 50	> 100
PH, Sólidos Sedimentales y Caudal	Mensual	Semanal	Diario
Grasa y aceites	Anual	Semestral	Trimestral
DBO <sub>5,20</sub>	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Sólidos Suspendidos Totales	Anual	Semestral	Trimestral
Coliformes fecales	Trimestral	Trimestral	Trimestral

No obstante lo establecido en este Reglamento, en el caso de los parámetros pH, Sólidos Sedimentables y Caudal, para los efectos establecidos en este artículo, no requieren ser practicados por un laboratorio acreditado; sin embargo, deberán estar incluidos en el informe operacional. También se estará a lo dispuesto en el Art. 16, dependiendo de la obra, proyecto o actividad de que se trate.

Frecuencia mínima de muestreo y análisis de aguas residuales de tipo especial

Art. 19.- En lo que respecta a las aguas residuales de tipo especial, según lo dispuesto en el artículo anterior, se estará a lo establecido a continuación:

CARACTERÍSTICAS	CAUDAL m <sup>3</sup> / día		
	< 10	10 a 100	> 100
Temperatura, PH, Sólidos Sedimentables y Caudal	Mensual	Semanal	Diario
Otros parámetros obligatorios según el Art. 18	Anual	Semestral	Trimestral

No obstante, las características Temperatura, pH, Sólidos Sedimentables y Caudal, para los efectos dispuestos en este artículo, no requieren ser practicados por un laboratorio acreditado; sin embargo, deberán estar incluidos en el informe operacional.

Cada mes y según programación en el laboratorio se realiza el descarte de los desechos generados dentro de cada área del Laboratorio de Calidad de Aguas.

**E. Anexo 5. Propuesta de hoja de registro de manejo de residuos**

	<b>MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</b>	
<b>DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL/SERVICIO HIDROLOGICO NACIONAL/ LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b>		<b>Versión: 01</b>
		<b>Vigente desde: 11/04/2011</b>
<b>REGISTRO DE MANEJO DE DESECHOS</b>		<b>Páginas:</b>

**PROCEDIMIENTO:** \_\_\_\_\_

Código: \_\_\_\_\_ Laboratorio: \_\_\_\_\_

Fecha de almacenado: \_\_\_\_\_

Condiciones de almacenamiento: \_\_\_\_\_

Clasificación de seguridad: \_\_\_\_\_

Descripción de la muestra: \_\_\_\_\_

---

**Información sobre el traslado de la muestra:**

Fecha de Salida: \_\_\_\_\_ Lugar del análisis: \_\_\_\_\_ Fecha de vuelta \_\_\_\_\_

**Nombre del analista**





Fecha: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_



## F. Anexo 6. Etiquetas para el Laboratorio de Calidad de Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Para desechos líquidos, sólidos y reactivos vencidos, se presentan las etiquetas en las áreas de análisis fisicoquímico primera planta, análisis fisicoquímico segunda planta, absorción atómica y área de bacteriología.

A continuación se detalla un distintivo para cada área dentro del laboratorio

Aéreas del laboratorio	Distintivo de cada área
Análisis fisicoquímico primera planta	
Análisis fisicoquímico segunda planta	
Área de absorción atómica	
Área de bacteriología	

Residuos líquidos para el área de análisis fisicoquímico primera planta

<p style="text-align: center;"><b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b></p> <hr/> <p>Área del laboratorio: _____</p> <p>Código: _____</p> <p>Titular: _____</p> <p>Numero de contacto: _____</p> <p>Medidas preventivas: _____</p> <p>_____</p> <p>En caso de derrame: _____</p> <p>_____</p>	<p>Nombre del residuo líquido: _____</p> <p>_____</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Fecha de envasado inicio y final:</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 80px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 80px;"></div> </div>
---	---

Residuos líquidos para el área de análisis fisicoquímico segunda planta

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del residuo líquido: _____
Área del laboratorio: _____		_____
Código: _____		Fecha de envasado inicio y final:
Titular: _____		
Numero de contacto: _____		[ ] [ ]
Medidas preventivas: _____		
En caso de derrame: _____		

Residuos líquidos para el área de absorción atómica.

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del residuo líquido: _____
Área del laboratorio: _____		_____
Código: _____		Fecha de envasado inicio y final:
Titular: _____		
Numero de contacto: _____		[ ] [ ]
Medidas preventivas: _____		
En caso de derrame: _____		

Residuos líquidos para el área de bacteriología.

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del residuo líquido: _____ _____
Área del laboratorio: _____		Fecha de envasado inicio y final:
Código: _____		
Titular: _____		[ ] [ ]
Numero de contacto: _____		
Medidas preventivas: _____ _____		
En caso de derrame: _____ _____		

Residuos sólidos para el área de análisis fisicoquímico primera planta.

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del residuo sólido: _____
Área del laboratorio: _____		_____
Código: _____		
Titular: _____		
Numero de contacto: _____		
Medidas preventivas: _____		
_____		
En caso de derrame: _____		
_____		
		Fecha de envasado inicio y final: _____
		_____

Residuos sólidos para el área de análisis fisicoquímico segunda planta.

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del residuo sólido: _____	
Área del laboratorio: _____		Fecha de envasado inicio y final: _____	
Código: _____			
Titular: _____		[ ] [ ]	
Numero de contacto: _____			
Medidas preventivas: _____			
En caso de derrame: _____			
_____			

Residuos sólidos para el área de absorción atómica.

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del residuo sólido: _____	
Área del laboratorio: _____		Fecha de envasado inicio y final: _____	
Código: _____			
Titular: _____		[ ] [ ]	
Numero de contacto: _____			
Medidas preventivas: _____			
En caso de derrame: _____			
_____			

Residuos sólidos para el área de bacteriología.

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del residuo sólido: _____
Área del laboratorio: _____		_____
Código: _____		Fecha de envasado inicio y final:
Titular: _____		
Numero de contacto: _____		[ ] [ ]
Medidas preventivas: _____		
En caso de derrame: _____		

Reactivos vencidos para el área de análisis fisicoquímico primera planta.

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del reactivo vencido: _____
Área del laboratorio: _____		_____
Código: _____		Fecha de envasado inicio y final:
Titular: _____		
Numero de contacto: _____		[ ] [ ]
Medidas preventivas: _____		
En caso de derrame: _____		

Reactivos vencidos para el área de análisis fisicoquímico segunda planta.

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del reactivo vencido: _____
Área del laboratorio: _____		_____
Código: _____		Fecha de envasado inicio y final:
Titular: _____		
Numero de contacto: _____		[ ] [ ]
Medidas preventivas: _____ _____		
En caso de derrame: _____ _____		_____

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del reactivo vencido: _____
Área del laboratorio: _____		_____
Código: _____		Fecha de envasado inicio y final:
Titular: _____		
Numero de contacto: _____		[ ] [ ]
Medidas preventivas: _____ _____		
En caso de derrame: _____ _____		_____

Reactivos vencidos para el área de bacteriología.

<b>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>		Nombre del reactivo vencido: _____ _____
Área del laboratorio: _____		Fecha de envasado inicio y final:  _____
Código: _____		
Titular: _____		_____ _____
Numero de contacto: _____		
Medidas preventivas: _____ _____		
En caso de derrame: _____ _____ _____		



## **G. Anexo 7. Glosario**

**Ácido.** Toda sustancia que en solución puede donar protones. El papel tornasol azul se vuelve rojo al humedecerlo con una solución ácida.

**Acidificación.** Es un proceso químico por el cual algunas sustancias transforman, adquiriendo características ácidas.

**Almacenamiento:** acción de retener temporalmente los residuos sólidos en un lugar determinado previo a su disposición final.

**Almacenamiento de Residuos Peligrosos:** Acción de retener temporalmente los residuos peligrosos en áreas que cumplen con las condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para evitar su liberación, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se les aplica un tratamiento, se transportan o se dispone finalmente de ellos.

**Baño maría.** Consiste en calentar un objeto o sistema con el empleo de agua como medio de calentamiento.

**Clasificación de los residuos.** Atendiendo al estado y al soporte en que se presentan, se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos

**Decantación.** Técnica de separación que consiste en separar un sólido de un líquido al vaciar con suavidad el líquido en otro recipiente.

**Destilación.** Técnica de separación que consiste en separar dos líquidos aprovechando la diferencia en sus puntos de ebullición. Los vapores de cada componente se condensan y recogen una vez separados.

**Disposición Final:** última etapa en el manejo de los residuos sólidos; es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza.

**Ebullición.** Paso de líquido a vapor que tiene lugar en toda la masa del líquido. En la ebullición, el vapor contrarresta la presión exterior y se forman burbujas en el seno del líquido.

**Fenol.** Tóxico irritante. Tiene aplicaciones en la industria química en la elaboración de resinas sintéticas. Se utiliza como desinfectante.

**Filtración.** Técnica que utiliza un medio filtrante, en general papel de filtro, para retener el sólido. El solvente y las sustancias disueltas pasan a través del papel.

**Halógenos.** Familia de elementos pertenecientes al grupo VIIA de la tabla periódica. Forman sales con los elementos alcalinos y los alcalino-térreos y de allí su nombre

**Incompatibilidad química.** Los materiales incompatibles químicamente son aquellos que al ponerse en contacto entre sí sufren una reacción química descontrolada que puede resultar en: emisión de gases tóxicos, formación de líquido corrosivo, reacción explosiva, etc.

**Minimización.** Conjunto de medidas tendientes a evitar la generación de los residuos sólidos y aprovechar, en lo posible, el valor de aquellos cuya generación no sea posible evitar.

**Manejo de Residuos.** Toda actividad administrativa y operacional que involucra, la generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

**Molaridad.** Unidad de concentración que corresponde al número de moles de especie química en solución por litro de solución.

**Neutralización.** Proceso químico que consiste en la reacción entre un ácido y una base para producir una sal y agua.

**pH.** Forma de expresar la concentración de iones hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) en una solución.

**Precipitado.** Sustancia química muy poco soluble que se forma en una solución como producto de una reacción química. El precipitado se separa de la solución por filtración o decantación.

**Recuperación:** Se refiere a la reutilización de productos que normalmente van al relleno sanitario o disposición final.

**Residuos Químicos.** Son los restos de sustancias químicas y sus empaques o cualquier otro residuo contaminado con estos, los cuales, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición tienen el potencial para causar la muerte, lesiones graves o efectos adversos a la salud y el medio ambiente, por ejemplo los líquidos que están en contacto con residuos de riesgo biológico (anatomopatológicos) provenientes de laboratorios médicos

**Residuo peligroso.** Es aquel residuo que, en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad puede presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al medio ambiente.

**Residuos reciclables.** Desechos que pueden ser reincorporados a un proceso de producción y consumo; los principales son: vidrio, papel, aluminio, cartón, fierro y plásticos.

**Solubilidad.** Cantidad relativa máxima de soluto que normalmente se puede disolver en un solvente a una temperatura específica. Corresponde a la concentración de soluto de la solución saturada.

**Sustancias infecciosas.** Son sustancias que contienen microorganismos tales como bacterias, virus, rickettsias, parásitos, hongos, o recombinantes híbridos o mutantes, conocidos o que es razonable creer que pueden causar enfermedades a animales o a seres humanos.

**Tratamiento.** Proceso de transformación física, química o biológica de los residuos sólidos para modificar sus características o aprovechar su potencial, a partir del cual se puede generar un nuevo residuo sólido con características diferentes.

**Sustancias tóxicas.** Son sustancias que pueden causar la muerte, lesiones serias o causar daño a la salud humana si son ingeridas, inhaladas o entran en contacto con la piel.

**Solución.** Mezcla homogénea de dos o más componentes. Cuando sólo está formada por dos componentes (un soluto y un solvente) se denomina solución binaria.

## **H. Anexo 8. Normas para almacenamiento de sustancias químicas peligrosas**

Normas para almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. San salvador, octubre de 2010:

### **Capitulo II condiciones sanitarias.**

#### *De la ubicación del lugar de almacenamiento*

Art.5.- Las bodegas destinadas para almacenar sustancias químicas peligrosas, deben ubicarse en zonas calificadas por las instancias competentes tales como: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador y Municipalidades, considerando el ordenamiento territorial de cada lugar. Las bodegas deben mantener una zona de protección sanitaria, dentro y fuera de las instalaciones de la empresa, de acuerdo a la evaluación del riesgo que representen las sustancias almacenadas para el vecindario.

#### *De la infraestructura física para almacenamiento*

Art.6.- Toda infraestructura destinada para el almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, debe reunir las condiciones mínimas de seguridad siguientes:

- a) El área donde se ubican los tanques o contenedores destinados para almacenar sustancias químicas peligrosas en estado líquido, deben disponer con un sistema de colección de derrames canalizados hacia diques de contención, con capacidad de retener el cien por ciento (100%) del tanque de mayor volumen almacenado.
- b) El propietario debe disponer con dispositivos y sistemas de alarmas que alerten sobre derrames o incendios.
- c) Las instalaciones destinadas para almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, deben cumplir con las condiciones de construcción que eviten las acciones de corrosión, oxidación e incompatibilidad con lo que se almacena, así como garantizar la impermeabilidad de pisos y paredes.
- d) En el interior de las bodegas de almacenamiento de sustancias químicas, no debe existir acumulación de gases vapores y olores.

- e) Las bodegas de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, independiente de otras instalaciones, dispondrán al menos de una entrada y salida de emergencia, cuando dicha área sea menor o igual que veinticinco metros cuadrados. La distancia a recorrer para alcanzar la salida deberá ser inferior a seis metros.
- f) Cuando el área de almacenamiento exceda los veinticinco metros cuadrados, se debe contar como mínimo de dos accesos independientes señalizados. El recorrido máximo a una vía segura de evacuación, no deberá superar los veinticinco metros.
- g) La instalación eléctrica debe cumplir con las exigencias de la legislación nacional vigente, o en su ausencia debe aplicar las regulaciones internacionales para instalaciones destinadas al almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- h) Toda empresa debe poseer sistema de almacenamiento de agua, no menor de quince metros cúbicos, que garantice realizar las primeras acciones en caso de emergencia, el que debe permanecer cerrado y limpio.
- i) El establecimiento donde se almacenan sustancias químicas peligrosas, deberá disponer con la cantidad de servicios sanitarios, de conformidad a lo establecido en el “Reglamento General Sobre Seguridad e Higiene en los centros de Trabajo” del Ministerio de Trabajo y Previsión Social. Disposiciones Generales de Almacenamiento

Art.7.- con el propósito de disminuir los riesgos a la salud de la población circundante al lugar de almacenamiento, el propietario debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Los recipientes para almacenar sustancias químicas peligrosas, deberán estar ubicados sobre tarimas y agrupados mediante paletizado, considerando el estibamiento conforme lo establece la viñeta del envase.
- b) El propietario o representante legal de empresas que manejen y almacenen sustancias químicas peligrosas, deberá tener plan de contingencia para la empresa, aprobado por el Cuerpo de Bomberos.
- c) No se deberá almacenar medicamentos, productos cosméticos, alimentos aditivos y concentrados vencidos, destinados al uso y consumo humano y animal, sin una separación estructural, a las aéreas de almacenamientos de productos químicos

peligrosos. Las áreas destinadas para el manejo y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, deberán ser de acceso restringido y estar debidamente señalizadas.

- d) Todo sistema de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas deberá estar identificado por el tipo de riesgo a través de simbología y reconocimiento de la sustancias.
- e) En el caso de que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, o cualquiera otra instancia competente, establezcan nuevas disposiciones sobre el sistema de almacenamiento de sustancias químicas, se deberá acatar dichas disposiciones. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, 2009)

## **I. Anexo 9: Normativa nacional para el manejo de sustancias químicas.**

Normas para almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. San salvador, octubre de 2010:

Para el manejo de sustancias químicas.

- **Disposiciones específicas para las sustancias químicas inflamables y combustibles**

Art. 17.- para asegurar el manejo de las sustancias inflamables y combustibles, el propietario o encargado del almacén, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) En caso de derrames, no utilizar agua para su recolección o limpieza, empleándola para ello material absorbente, los restos de líquidos recolectados deberán ser dispuestos conforme lo establece el “Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos” del Ministerio de Medio Ambiente.
- b) Las áreas donde se manejen líquidos inflamables y sustancias de carácter ácido, deberán estar separadas por barreras estructurales, como paredes.
- c) Se deberá garantizar que en las áreas de manejo, no exista ninguna fuente de ignición, así como no se debe percibir la acumulación de vapores de sustancias químicas peligrosas almacenadas.
- d) Se deberá colocar la señalización por tipo de riesgo, considerando la simbología de la clasificación de materiales peligrosos.

- **Disposiciones específicas para las sustancias químicas corrosivas, sustancias ácidas y básicas**

Art. 20.- Para asegurar el correcto manejo de las sustancias con propiedades corrosivas, el propietario deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Las sustancias corrosivas deberán colocarse separadas de materia orgánica, para evitar riesgo de incendios y generación de gases tóxicos.
- b) Se deberá garantizar la compatibilidad y resistencia del material de fabricación de accesorios y equipos, destinados para el manejo y contención de sustancias corrosivas.



- c) Al realizar trasiego de sustancias corrosivas que generen vapores, éstas deben ser manejadas en áreas que garanticen la no acumulación de estos.
- d) Para control de derrames se debe disponer de material absorbente inerte como arena, tierra u otro tipo de material compatible para realizar acciones de limpieza.

- **Disposiciones específicas para las sustancias químicas oxidantes.**

Art. 23.- Para asegurar el correcto manejo de las sustancias con propiedades oxidantes el propietario, deberá cumplir con el siguiente requisito:

Para la manipulación de depósitos que contengan sustancias químicas oxidantes, se deberá evitar el uso de tarimas de madera o cualquier material inflamable.

- **Disposiciones específicas para las sustancias químicas solventes.**

Art. 26.- Para asegurar el eficiente manejo el propietario debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Las sustancias deberán mantenerse siempre en sus envases originales cerrados, y tener información como pictogramas o leyendas que identifiquen el tipo de riesgo a la salud o al ambiente.
- b) Para los procesos de trasiego de depósitos metálicos que contengan solventes inflamables, estos deberán ser previamente neutralizados de energía electrostática.
- c) Las áreas donde se manipulen o trasieguen solventes, deberán tener sistema de extracción de gases y vapores captados y tratados, o ventilación natural, que garantice la evacuación de los mismos, sin perjuicio a la salud de la población.

- **Disposiciones específicas para las sustancias químicas tóxicas.**

Art. 29.- Con la finalidad de minimizar el riesgo de derrames de sustancias tóxicas en las áreas de carga y descarga, de todo tipo de recipientes de almacenamiento estacionarios se adoptarán las siguientes medidas:

- a) Todo recipiente con capacidad de almacenar un volumen mayor de un metro cúbico de sustancias tóxicas, deberá tener indicador de nivel y alarma de aviso de derrames.

- b) Para cualquier sistema o acción de trasiego se deberá instalar mecanismos de control de goteos; toda fuga, se reparará de inmediato.

### **Tratamiento y disposición final de desechos peligrosos** (Sakurai, 1984).

- **Tratamiento previo**

Art. 34 El tratamiento previo, necesario para algunos desechos peligrosos, se orientará a reducir su volumen, aumentando su concentración, o a disminuir su grado de peligrosidad, por solidificación, por procesos físicos, químicos, bioquímicos o biotecnológicos, o la combinación de los anteriores.

- **Tratamiento Destructivo**

Art. 35 La pirólisis, la incineración u otro método destructivo de desechos peligrosos debe ser realizada en lugares autorizados para tal efecto, evitando la contaminación ambiental.

- **Disposición final**

Art. 36 De conformidad al Art. 21 letra d) de la Ley, los sistemas de disposición final, aplicables a los desechos peligrosos, son los confinamientos controlados. En el caso de desechos derivados de agroquímicos, su confinamiento será específico y tales desechos no podrán combinarse con aquéllos de otra naturaleza o características.

- **Señalización de sitios de confinamiento**

Art. 37 Los lugares destinados al confinamiento controlado de desechos peligrosos deben ser debidamente señalizados, evidenciando a la población la peligrosidad o riesgo del área.

- **Selección de sitios de confinamiento**

Art. 38 Los sitios de confinamiento no podrán ser ubicados en zonas o lugares cercanos a ríos, lagunas, capas freáticas, zonas residenciales o habitacionales. La selección del sitio de confinamiento, así como el diseño y la construcción de confinamientos controlados, de receptores de agroquímicos u otros desechos, deberán de cumplir características de seguridad establecidas en el Permiso Ambiental.

- **Lixiviados en el confinamiento**

Art. 39 En el lugar de confinamiento de desechos peligrosos, debe incluirse medidas preventivas de recolección y tratamiento de los posibles lixiviados o derrames que pudieran generarse.

- **Información requerida en los informes de confinamiento**

Art. 40 El titular de la actividad de los servicios de manejo de desechos peligrosos, encargado de su disposición final, deberá presentar al Ministerio y a las autoridades competentes, un informe trimestral, que contenga la siguiente información:

- a. Naturaleza, estado físico, peso y volumen de los desechos peligrosos confinados;
- b. Fecha del confinamiento de los desechos peligrosos;
- c. Sitio de la disposición final; y
- d. Método de disposición final utilizado para cada tipo de desecho.

- **Prohibiciones**

Art. 41 Los desechos peligrosos sometidos a confinamiento por cualesquiera de los métodos de disposición final previstos en este Reglamento, deberán permanecer en tal estado, salvo la ocurrencia de un desastre ambiental, en cuyo caso el Ministerio autorizará las obras que sean necesarias para contrarrestarlo.

- **Obligaciones de tratamiento**

Art. 42 Cuando por su peligrosidad, el Ministerio establezca que determinados desechos peligrosos no deben ser confinados, el titular de la generación deberá responsabilizarse de su tratamiento o eliminación ambientalmente adecuada, en un plazo establecido en el Permiso Ambiental correspondiente.

- **Emisiones de equipo incinerador**

Art. 43 Las emisiones que se deriven del equipo incinerador deben cumplir con lo establecido en las normas de emisión vigentes.

- **Incineración de desechos peligrosos**

Art. 44 En aquellos casos en que se incineren desechos peligrosos, capaces de generar dioxinas u otros contaminantes peligrosos, la incineración y el tratamiento de gases efluentes, se deberá realizar en condiciones de temperatura que asegure que se minimizará la generación de dichos compuestos.

- **Desechos peligrosos de actividad minera**

Art. 45 La disposición final de desechos peligrosos generados por actividades mineras, se efectuará en presas de jales de acuerdo a las reglas técnicas correspondientes, pudiendo ubicarse dichos jales en el lugar de su generación. En todo caso, no deberán ubicarse en cotas arriba de centros poblacionales o de cuerpos receptores, en un radio que será determinado por el Estudio de Impacto Ambiental.

- **Bifenilos policlorados y derivados**

Art. 46 El confinamiento de bifenilos policlorados y derivados, o de desechos que los contengan, no deberá realizarse en el territorio nacional, y es obligatorio su tratamiento y eliminación.

- **Materiales caducos**

Art. 47 Los productos químicos, biológicos u otros, de origen industrial o de uso farmacéutico, en cuyos envases se precise fecha de caducidad, y, que después de ella no hubiesen sido sometidos a procesos de rehabilitación o regeneración, serán considerados desechos peligrosos. Los fabricantes nacionales y distribuidores de los productos extranjeros serán responsables de que su manejo se efectúe, de conformidad con las normas y disposiciones de la legislación ambiental, en materias de salud y de seguridad nacional. A continuación se presenta una tabla resumen de los residuos generados en los laboratorios.

**Tabla A1: Tabla general de residuos generados en laboratorios.**

<b>Residuo</b>	<b>Tipo de recipiente en el que se debe disponer</b>	<b>Disposición</b>
<b>Residuos ácidos o básicos</b>	Almacenar en recipientes plásticos	Estos residuos se deben neutralizar con una base o ácido débil según sea el caso, hasta obtener un pH cercano a la neutralidad y verter al alcantarillado si no contiene una sustancia tóxica
<b>solventes</b>	Almacenar en recipientes de vidrio, metálicos o de un material apropiado según las características de la sustancia.	Si es posible se puede destilar y reutilizar en el laboratorio; si no es posible se debe entregar a una empresa especializada para que los recupere o lo incinere.
<b>Residuos de compuestos inorgánicos.</b>	Almacenar en garrafas plásticas.	Si no es posible hacer un tratamiento o desactivación de estos residuos, se deben entregar a una compañía para que los disponga. No se deben diluir estos residuos con el fin de cumplir la norma.
<b>Metales pesados</b>	Se deben disponer en envases plásticos.	Según la naturaleza de cada uno de estos elementos se puede hacer un tratamiento por precipitación o floculación de los metales. Si no se hace un tratamiento previo. Los lodos resultantes de la precipitación se deben desactivar mediante encapsulamiento con cal u otro tratamiento adecuado y enviarlos a confinamiento.
<b>Alcoholes y Acetona</b>		Cuando se tienen residuos de este tipo, la recomendación es incinerarlos en plantas apropiadas.

Fuente: Norma de almacenamiento de sustancias químicas. Ministerio de Salud pública. El Salvador 2010.

**J. Anexo 10: Ejemplo de cálculo para la peligrosidad de los residuos del laboratorio de calidad de agua, obtenidos a partir del análisis de los parámetros.**

A continuación se detalla la obtención de la peligrosidad del residuo para el parámetro de cloruros, utilizando las tablas mostradas en la directiva 1999/45/ce y el real decreto 255/2003.

- a. Obtención del porcentaje en peso de los reactivos utilizados para el análisis.

Reactivos	Peso en gramos	porcentaje
Muestra	10	48.07
Cromato de potasio	0.05	0.240
Nitrato de plata	0.073	0.351
Cloruro de sodio	10.68	51.34

- b. Peligrosidad de los reactivos

Cromato de potasio: Tóxico (R49, 46, 43, 51/53)

Nitrato de plata: Corrosivo, peligro al ambiente (R34, 50/53)

- c. Obtención de la peligrosidad, el cuadro seleccionado dependerá de la peligrosidad de los reactivos, así para el Cromato de potasio, que tiene frases R de 46 y 49 las cuales corresponden a sustancias mutágenas y cancerígenas, por lo cual se utilizará el cuadro VI de la directiva 1999/45/ce, sobre la aproximación de las disposiciones legales, reglamentaria y administrativas de los estados miembros relativas a la clasificación, el envasado y el etiquetado de los preparados peligrosos.

Clasificación de la sustancia	Clasificación del preparado	
	Categorías 1 y 2	Categoría 3
Sustancias carcinógenas de categoría 1 o 2 y R45 o R49	concentración $\geq 0,1\%$ carcinógeno R45, R49 obligatorias, según el caso	
Sustancias carcinógenas de categoría 3 y R40		concentración $\geq 1\%$ carcinógeno R40 obligatoria
Sustancias mutágenas de categoría 1 o 2 y R46	concentración $\geq 0,1\%$ mutágeno R46 obligatoria	

**Figura 0.1: Cuadro VI para determinación de preparados cancerígenos y mutágenos**

Fuente: DIRECTIVA 1999/45/CE del parlamento europeo y del concejo de 31 de mayo de 1999

$$\Sigma \frac{P_{R46}}{L_{R46}} \geq 1 \quad \text{Ecuación 0-1}$$

Donde

$P_{R46}$ : es el porcentaje en peso o en volumen correspondiente a la frase R 46

$L_{R46}$ : límite fijado asignado a la frase R 46

$$\frac{P_{R46}}{L_{R46}} = \frac{0.240}{0.1} = 2.4$$

Siendo el resultado mayor que 1, se considera que este preparado es mutágenos de categoría 1 ó 2.

$$\Sigma \frac{P_{R49}}{L_{R49}} \geq 1 \quad \text{Ecuación 0-2}$$

Donde

$P_{R49}$ : es el porcentaje en peso o en volumen correspondiente a la frase R 49

$L_{R49}$ : límite fijado asignado a la frase R 49

$$\frac{P_{R49}}{L_{R49}} = \frac{0.240}{0.1} = 2.4$$

En el caso para preparados cancerígenos, el resultado es mayor que 1 por lo que, se considera como cancerígeno de categoría 1 ó 2.

Para preparados que contengan sustancias clasificadas como corrosiva, se presenta en base al cuadro IV de la directiva 1999/45/ce y con la ecuación 3.

Clasificación del preparado	Clasificación de la sustancia			
	C y R35	C y R34	X <sub>i</sub> y R41	X <sub>i</sub> y R36, R37, R38
C y R35	concentración ≥ 10% R35 obligatoria	5% ≤ concentración < 10% R34 obligatoria	5% (*)	1% ≤ concentración < 5% R36/38 obligatoria
C y R34		concentración ≥ 10% R34 obligatoria	10% (*)	5% ≤ concentración < 10% R36/38 obligatoria

**Figura 0.2: Cuadro IV para determinación de preparados corrosivo**

Fuente: DIRECTIVA 1999/45/CE del parlamento europeo y del concejo de 31 de mayo de 1999

$$\Sigma \frac{P_{C,R34}}{L_{C,R34}} \geq 1 \quad \text{Ecuación 0-3}$$

Donde

$P_{C,R34}$ : es el porcentaje en peso o en volumen correspondiente a la frase R 35

$L_{C,R34}$ : límite fijado asignando a la frase R 35.

$$\frac{P_{C,R34}}{L_{C,R34}} = \frac{0.351}{10} = 0.0351$$

Como el resultado es menor de uno, el preparado no es corrosivo.

Para preparados clasificados con peligro al medio ambiente, se utiliza la siguiente ecuación, en base al cuadro 1 de la parte B de la directiva 1999/4/ce.

$$\Sigma \frac{P_{N,R50-53}}{L_{N,R51-53}} + \frac{P_{N,R51-53}}{L_{N,R51-53}} \geq 1 \quad \text{Ecuación 0-4}$$

Donde

$P_{N,R50-53}$ : es el porcentaje en peso o en volumen correspondiente a sustancias peligrosas al ambiente correspondiente a frases R50-53

$P_{N,R51-53}$ : es el porcentaje en peso o en volumen correspondiente a sustancias peligrosas al ambiente correspondiente a frases R51-53

$L_{N,R51-53}$ : límite fijado asignado a frases R51-53.



$$\frac{P_{N,R50-53}}{L_{N,R51-53}} + \frac{P_{N,R51-53}}{L_{N,R51-53}} = \frac{0.240}{25} + \frac{0.351}{2.5} = 0.15$$

Siendo el resultado menor que 1, este preparado no representa peligro al medio ambiente.

Por lo que la peligrosidad de los residuos obtenidos en análisis de cloruros queda de la siguiente manera.

Peligrosidad	Frase R
Sustancia cancerígena categoría 1 ó 2	R49
Sustancia Mutágenos de categoría 1 ó 2	R 46