



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

20567-S

Distr. LIMITADA

ISED.2(SPEC.)

11 de febrero de 1994

Organización de las Naciones Unidas
para el Desarrollo Industrial

ESPAÑOL
Original: FRANCES

SELECCION DE EQUIPOS PARA LABORATORIOS DE CONTROL
DE LA CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA DEL CUERO

UC/INT/93/054

INTERREGIONAL

Informe técnico: Manual sobre equipos de laboratorio y reactivos
para el control del efluente generado en la curtiembre*

Preparado para los países miembros de la
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Basado en un estudio del Sr. Michel Aloy
Consultor de la ONUDI

Funcionario encargado del apoyo: Sr. Jakov Buljan
Subdivisión de Agroindustrias

* El presente documento es traducción de un texto que no ha sido
revisado a fondo por los servicios de edición.

V.94-20826 0338q

INDICE

	Página
1. INTRODUCCION	4
2. ESQUEMA GENERAL DE LA ELABORACION DEL CUERO	4
2.1 Procesos en el área de ribera	4
2.2 Procesos en el área de curtido	4
2.3 Procesos y operaciones en el área de postcurtición	5
2.4 Procesos y operaciones en el área de terminación	5
3. PRINCIPALES PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS	7
4. CARGA CONTAMINANTE EN LAS AGUAS RESIDUALES	8
4.1 Fabricación clásica de cuero vacuno para capellada	8
4.2 Fabricación de cuero vacuno para capellada con tecnologías menos contaminantes	8
4.3 Fabricación de cuero vegetal para suela	9
4.4 Fabricación clásica de napa ovina para vestimenta	9
4.5 Fabricación de cuero ovino con lana para vestimenta ("mutón")	9
5. LEGISLACION SOBRE LOS EFLUENTES LIQUIDOS CONTAMINADOS	10
5.1 Vertidos al medio natural	10
5.2 Vertidos a un colector	10
5.3 Valores de los vertidos en los Estados Unidos	11
6. METODOS DE ANALISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES	12
6.1 Métodos de muestreo	12
6.2 Determinación del pH	12
6.3 Determinación de los sólidos sedimentables	13
6.4 Determinación de la demanda química del oxígeno (DQO).....	13
6.5 Determinación del cromo	13
6.6 Sólidos en suspensión	15
6.7 Sólidos totales (residuo seco)	16
6.8 Determinación del sulfuro	16
6.9 Determinación del oxígeno disuelto	17
6.10 Índice de Mohlman	18
6.11 Determinación del nitrógeno total Kjeldahl	18
6.12 Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno, DBO ₅	19
6.13 Determinación del calcio	20
6.14 Determinación de los cloruros	22
6.15 Determinación de los fenoles	22
6.16 Determinación de los sulfatos	23
6.17 Determinación del aluminio	23
6.18 Determinación del hierro	24
6.19 Determinación del fósforo y sus compuestos	25
6.20 Análisis del color	27
6.21 Determinación de la toxicidad de un efluente	27
7. DETERMINACION DE CUATRO TAMAÑOS DE LABORATORIO	27
8. NUMERO DE ANALISIS REALIZADOS POR SEMANA EN CADA NIVEL	28
9. LABORATORIO DE NIVEL 1 - MATERIAL NECESARIO	29
10. LABORATORIO DE NIVEL 1 - REACTIVOS QUIMICOS	29
11. LABORATORIO DE NIVEL 2 - MATERIAL NECESARIO	30
12. LABORATORIO DE NIVEL 2 - REACTIVOS NECESARIO	31
13. LABORATORIO DE NIVEL 3 - MATERIAL NECESARIO	31
14. LABORATORIO DE NIVEL 3 - REACTIVOS QUIMICOS	32
15. LABORATORIO DE NIVEL 4 - MATERIAL NECESARIO	33
16. LABORATORIO DE NIVEL 4 - REACTIVOS QUIMICOS	35
17. EVALUACION DE LOS MATERIALES Y REACTIVOS QUIMICOS NECESARIOS	37
18. EVALUACION DE LAS NECESIDADES DE PERSONAL	37
ANEXO 1 Especificaciones del material de laboratorio	38
ANEXO 2 Proveedores de materiales de laboratorio	48
ANEXO 3 Ejemplo de instalación típica de un laboratorio y sus tabiques	51
ANEXO 4 Esquema de una planta de tratamiento	52
GLOSARIO	55

1. INTRODUCCION

La transformación de una piel animal en cuero se efectúa a través de una serie de etapas complejas en las que se utilizan a la vez productos químicos y materiales y equipos más o menos sofisticados. Esta transformación permite eliminar de la piel los elementos incompatibles con la buena calidad del cuero. Estos diversos residuos, de origen orgánico y mineral, se presentan en forma sólida o de pasta o en forma líquida, es decir en suspensión o en solución. La contaminación que provoca este proceso de transformación es por lo tanto importante, y conviene hoy día tratarla por diferentes medios técnicos, adaptados a la cantidad y la calidad de los residuos (véanse los esquemas de tratamiento en el anexo 4).

El objetivo de este manual es permitir a las curtiembres y organizaciones de curtiembres evaluar mejor y por lo tanto tratar mejor la cuestión de la contaminación en las diferentes fases de la fabricación del cuero. A tal efecto, la instalación de un laboratorio de control de residuos líquidos, adaptado al tamaño de la empresa, permitirá evaluar correctamente la contaminación de los diferentes baños y efluentes generados en la elaboración del cuero. Las personas interesadas encontrarán en este manual información indispensable para la instalación de un laboratorio adaptado a su empresa.

2. ESQUEMA GENERAL DE LA ELABORACION DEL CUERO

2.1 Procesos en el área de ribera

La primera etapa de fabricación consiste en rehidratar y lavar la piel, a fin de devolverle las características de la piel fresca. Con este fin, se añaden productos humectantes y biocidas al agua utilizada en el proceso de remojo, por lo que se encuentran en el baño residual materias orgánicas (sangre y suciedad) así como productos químicos minerales (sal) y orgánicos.

En el proceso siguiente, es decir en el depilado, se trata de eliminar químicamente el pelo o la lana de la dermis de la piel y de degradar ciertas fibras elásticas a fin de mejorar la flexibilidad del cuero. Este proceso particularmente contaminante, representa más del 50% del contenido orgánico del efluente de la curtiembre. En él se utilizan productos de elevada toxicidad como el sulfuro de sodio y el sulfhidrato de sodio conjuntamente con cal. También puede utilizarse hidróxido de sodio, carbonato de sodio, productos enzimáticos y mercaptanos (sulfuros orgánicos).

2.2 Procesos en el área de curtido

Después de la operación mecánica de descarnado, se realiza el proceso de descalcado para neutralizar los productos alcalinos. El descalcado se combina a menudo con la utilización de rindentes enzimáticos con el fin de degradar ciertas fibras elásticas de la piel. En esta fase se utiliza principalmente cloruro y sulfato de amonio, así como algunos ácidos.

El proceso siguiente es el piquelado, en el cual se acidifica la piel a fin de prepararla para el curtido. A tal efecto, se utilizan ácidos minerales (sulfúrico, clorhídrico) u orgánicos (fórmico, acético) en un baño que contiene 100 g/l de sal (cloruro de sodio).

La fase de desengrase se reserva generalmente para las pieles de cordero y de cerdo. En esta etapa se utilizan disolventes orgánicos (trementina, queroseno, monoclorobenceno y percloroetileno) que se recuperan con el mayor cuidado posible al final de la operación. Se utilizan también productos tensioactivos cuya toxicidad varía en función de su composición. En este caso, en el baño residual se encuentran grasas en emulsión. Para el desengrase de las pieles de cerdo se utiliza sobre todo carbonato de sodio.

El proceso de curtido consiste en estabilizar la piel por medio de curtientes minerales u orgánicos que bloquean los puntos hidrófilos del colágeno, el principal constituyente de la piel. Hoy día, más del 85% de las pieles del mundo se curten con sales de cromo trivalente, casi un 10% mediante extractos vegetales de árbol o corteza, y el resto con productos minerales (aluminio, zirconio, ...) u orgánicos (fenoles, resinas acrílicas, dialdehídos y aceites oxidados). Como complemento del sulfato básico de cromo utilizado en el curtido, en el baño residual pueden encontrarse agentes de enmascaramiento (formiato, ftalato, oxalato de sodio o sales de ácidos dicarboxílicos), agentes de basificación (carbonato y bicarbonato de sodio, u óxido de magnesio) y biocidas de toxicidad muy variable.

Cuando el curtido se realiza con extractos vegetales, los baños del rendimiento son débiles y los líquidos residuales del curtido mucho más coloreados. Hoy día las técnicas de curtido vegetal son rentables en tiempo y calidad, y existen diferentes métodos para reducir al mínimo la contaminación provocada por este proceso.

2.3 Procesos y operaciones en el área de postcurtición

Las primeras operaciones mecánicas que se realizan después del curtido son el escurrido, el dividido, el rebajado y el recortado (eliminación manual de residuos). Posteriormente, se procede a un nuevo ciclo de tratamientos húmedos que incluyen diferentes procesos destinados a dar al cuero sus características definitivas. Los principales productos químicos utilizados son los siguientes.

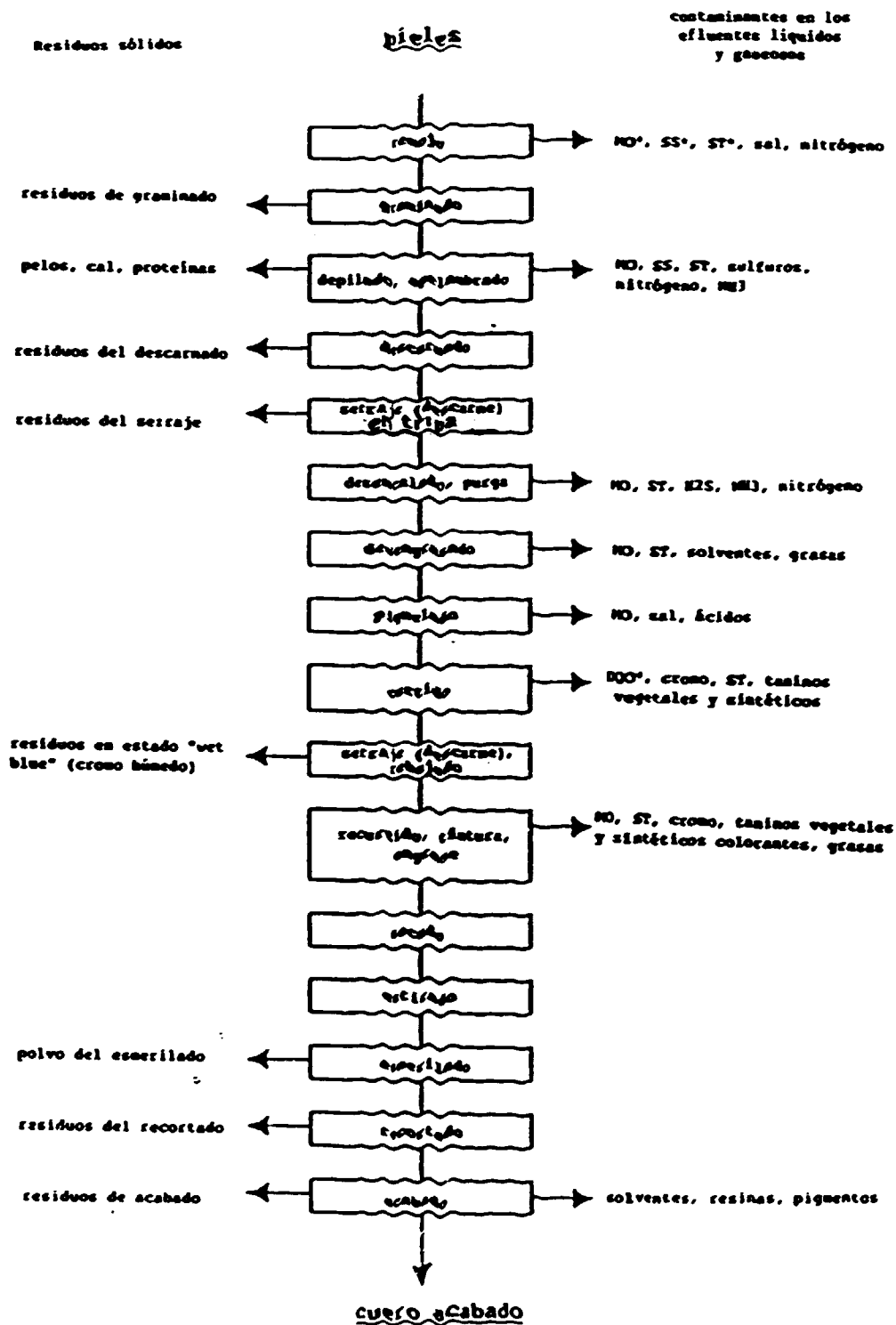
- neutralización con bicarbonato, sulfito, acetato o formiato de sodio,
- recurtido con taninos vegetales, sintéticos o minerales, de las mismas características que los utilizados en el curtido,
- teñido con colorantes ácidos, directos, básicos o complejos metálicos y con productos de fijación (ácido fórmico, amoníaco),
- engrase con emulsiones de aceites sulfonados animales, vegetales, minerales o sintéticos.

2.4 Procesos y operaciones en el área de terminación

Después del escurrido, secado y diversas operaciones mecánicas, se da al cuero una aplicación superficial de productos químicos destinado a protegerlo y embellecerlo. Estos productos están constituidos por resinas en fase acuosa (caseína, resinas acrílicas o poliuretanos) o en fase solvente (lacas de nitrocelulosa o uretano) en las que están dispersos los pigmentos o colorantes.

Estos productos se aplican con pistola, con máquina de cilindro mil puntos, con máquina de cortina o eventualmente con felpa. En esta fase de la fabricación, los efluentes líquidos están poco contaminados, y corresponden a las aguas de lavado de las cabinas de las máquinas de pintar y del sector de preparación de las formulaciones utilizadas.

El conjunto de los diferentes procesos y operaciones de fabricación puede representarse según el esquema general siguiente:



* Nota: ST = sólidos totales
 SS = sólidos suspendidos
 DQO = demanda química de oxígeno
 MO = materia oxidable

3. PRINCIPALES PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS

Las cantidades de productos químicos utilizados en cada fase, por tonelada de piel salada húmeda, pueden agruparse en el cuadro siguiente:

Area	Producto químico	Cantidad máxima por tonelada de piel	
<u>Conservación</u>	Cloruro de sodio	30,0%	300 kg
	Biocidas	0,3%	3 kg
<u>Ribera</u>	Humectantes	0,3%	3 kg
	Biocidas	0,2%	2 kg
	Sulfuro de sodio	4,0%	40 kg
	Sulfhidrato de sodio	2,0%	20 kg
	Cal apagada	5,0%	50 kg
	Hidróxido de sodio	2,0%	20 kg
	Carbonato de sodio	3,0%	30 kg
	Producto enzimático	1,5%	15 kg
	Mercaptanos	4,0%	40 kg
	Cloruro de amonio	2,0%	20 kg
	Sulfato de amonio	2,0%	20 kg
Acidos orgánicos	2,0%	20 kg	
<u>Curtición</u>	Cloruro de sodio	10,0%	100 kg
	Acido sulfúrico	3,0%	30 kg
	Acido fórmico	2,0%	20 kg
	Solvente orgánico	16,0%	160 kg
	Humectantes	4,0%	40 kg
	Carbonato de sodio	2,0%	20 kg
	Sales de cromo	10,0%	100 kg
	Bicarbonato de sodio	1,0%	10 kg
	Taninos vegetales	30,0%	300 kg
	Glutaraldehído	2,0%	20 kg
<u>Postcurtición</u>	Neutralizantes	2,0%	20 kg
	Recurtientes	4,0%	40 kg
	Colorantes	4,0%	40 kg
	Nutrientes	12,0%	120 kg
<u>Acabado</u>	Productos de acabado	4,0%	40 kg

Para establecer una adecuada correlación según las pieles tratadas, conviene tomar como referencia de peso, en estado húmedo, los valores siguientes:

piel de cordero "mamón" (lactante): 1,5 kg por piel
 piel de borrego: 3 kg por piel
 piel de cabrito: 1 kg por piel
 piel de cabra: 2 kg por piel
 piel de cerdo: 3 a 6 kg por piel
 piel de ternera: 12 a 16 kg por piel
 piel vacuna: de 20 a 45 kg por piel
 cuero vacuno rebajado: de 9 a 20 kg por piel

4. CARGA CONTAMINANTE EN LAS AGUAS RESIDUALES

Las diferentes fases de la fabricación del cuero generan una carga contaminante más o menos importante dependiendo de los procesos de elaboración y de la materia prima piel utilizada. Los valores indicados en los siguientes cuadros son datos promedios.

4.1 Fabricación clásica de cuero vacuno para capellada
(valores obtenidos por tonelada de piel)

Parámetro	Ribera		Curtido		Postcurtición Acabado		Total	
	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l
Agua m ³	22		5		8		35	
Valores	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l
DQO	150	6.820	10	2.000	60	7.500	220	6.290
DBO5	60	2.730	4	800	16	2.000	80	2.290
SS	100	4.550	10	2.000	30	3.750	140	4.000
NaCl	250	11.400	80	16.000	-		330	9.430
S--	6	270	-		-		6	170
Cr3+	-		3	600	1	125	4	110
N total	7	320	4	800	1	125	12	340
P total kg	-		-		0,1	13	0,1	3

4.2 Fabricación de cuero vacuno para capellada con tecnologías menos
contaminantes (reciclaje de pelambre, curtición cromo con alto agotamiento,
desencalado con CO₂) (valores obtenidos por tonelada de piel)

Parámetro	Ribera		Curtido		Postcurtición Acabado		Total	
	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l
Agua m ³	18		4		8		30	
Valores	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l
DQO	110	6.110	10	2.500	60	7.500	180	6.000
DBO5	45	2.500	4	1.000	16	2.000	65	2.170
SS	70	3.890	10	2.500	30	3.750	110	3.670
NaCl	250	13.900	80	20.000	-		330	11.000
S--	2	110	-		-		2	70
Cr3+	-		1	250	1	125	2	70
N total	5	280	1	250	1	125	7	230
P total kg	-		-		0,1	13	0,1	3

4.3 Fabricación de cuero vegetal para suela mediante un procedimiento de curtido a fulón "en seco" (valores obtenidos por tonelada de piel)

Parámetro	Ribera		Curtido		Postcurtición Acabado		Total	
	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l
Agua m ³	22		3		5		30	
Valores	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	kg/t	mg/l
DQO	150	6.820	70	23.300	40	8.000	260	8.670
DBO5	60	2.730	15	5.000	10	2.000	85	2.830
SS	100	4.550	30	10.000	20	4.000	150	5.000
NaCl	250	11.400	-		-		250	8.330
S--	6	270	-		-		6	200
Cr3+	-		-		-		-	
N total	7	320	4	1.330	0,5	100	11,5	380
P total kg	-		0,4	130	0,1	20	0,5	17

4.4 Fabricación clásica de napa ovina para vestimenta desengrasada con emulsionante (valores obtenidos en gramos por piel)

Parámetro	Ribera		Curtido		Postcurtición Acabado		Total	
	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l
Agua litro	150		30		40		220	
Valores	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l
DQO	280	1.870	180	6.000	80	2.000	540	2.450
DBO5	100	670	50	1.670	25	625	175	800
SS	260	1.730	30	1.000	10	250	300	1.360
NaCl	500	3.330	120	4.000	-		620	2.820
S--	7	50	-		-		7	30
Cr3+	-		9	300	1	25	10	45
N total	22	150	8	270	2	50	32	150
P total	1,5	10	0,5	17	0,5	13	2,5	11

4.5 Fabricación de cuero ovino con lana para vestimenta ("moton") desengrasado a máquina (valores obtenidos en gramos por piel)

Parámetro	Ribera		Curtido		Postcurtición Acabado		Total	
	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l
Agua litro	250		80		170		500	
Valores	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l	g/piel	mg/l
DQO	290	1.160	210	2.650	250	1.470	750	1.500
DBO5	100	400	70	875	50	290	220	440
SS	210	840	30	375	10	60	250	500
NaCl	500	2.000	150	1.880	-		650	1.300
Cr3+	-		15	190	5	30	20	40
N total	14	60	4	50	2	12	20	40
P total 4	5	20	0,5	6	0,5	3	6	12

5. LEGISLACION SOBRE LOS EFLUENTES LIQUIDOS CONTAMINADOS

La legislación sobre los efluentes líquidos es cada vez más estricta. Es posible comparar las normas de los diferentes países, y en los cuadros siguientes se precisan los límites reglamentarios de los vertidos al medio natural (ríos, lagos, océanos), o a un colector que desemboque en una instalación colectiva de depuración.

5.1 Vertidos al medio natural (valores en mg/l excepto pH)

País	Francia	India (ríos)	India (océano)	Brasil
pH	6,5-8,5(9,5)	5,5-9	5,5-9	6-8,5
DQO	125	250	250	450-160*
DBO5	30	30	100	200-40*
SS	35	100	100	200-50*
Nitrógeno N	30 (global)	100 (Kjl)	100 (Kjl)	10
Fósforo P	10	5	-	1
Cloruro Cl ⁻	-	1.000	-	-
Sulfuros S ²⁻	-	2	5	0,2
Sulfatos SO ₄ ⁼	-	1.000	1.000	-
Cromo Cr ³⁺	1,5	2	2	0,5
Cromo Cr ⁶⁺	0,1	0,1	1	0,1
Aluminio Al ³⁺	5	-	-	10
Fenol	0,1	1	5	0,1
Sales disueltas	-	2.100	-	-
Aceites	-	10	20	30
Hidrocarburos	10	-	-	-
AOX	5	-	-	-

* En función del caudal.

5.2 Vertidos a un colector (valores en mg/l excepto pH)

País	Francia	India	Argentina	Túnez
pH	6,5-8,5(9,5)	5,5-9	5,5-10	6,5-9
DQO	2.000	-	-	1.000-2.000
DBO5	800	350	200	400-1.000
SS	600	600	-	400
Nitrógeno N	150 (global)	- (Kjl)	- (Kjl)	100 (Kjl)
Fósforo P	50	-	-	-
Cloruro Cl ⁻	-	1.000	-	700-2.000
Sulfuros S ⁼	2	-	1	3
Sulfatos SO ₄ ⁼	-	1.000	-	400-600
Cromo Cr ³⁺	1,5	2	0,5	2-4
Cromo Cr ⁶⁺	0,1	2	-	-
Aluminio Al ³⁺	5	-	5	10-20
Fenol	0,1	5	0,5	-
Sales disueltas	-	2.100	-	-
Aceites	-	20	100	-
Hidrocarburos	10	-	-	10-20
AOX	5	-	-	-

Nota: Los valores más elevados de Túnez corresponden a máximos que no deben superarse en ningún caso.

6. METODOS DE ANALISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Para seguir y controlar el buen funcionamiento de una planta de depuración, es absolutamente necesario realizar análisis del agua a la entrada y a la salida de los dispositivos de tratamiento. En efecto, el criterio visual no basta por sí solo para determinar la eficacia de las diferentes fases del tratamiento. Si los valores analíticos de salida permiten a las autoridades evaluar la calidad del efluente vertido al medio natural, los valores obtenidos a la entrada de la estación miden la eficacia de las tecnologías utilizadas en la curtiembre y permiten calcular el rendimiento de la depuración.

La mayoría de los métodos de análisis presentados en este documento son métodos que figuran en la 18a. edición del libro "Standard Methods" (1992) editado por A.P.H.A., A.W.W.A y W.E.F (Water Environment Federation) en los Estados Unidos, y publicado por American Public Health Association, 1015 Fifteenth Street NW, Washington, DC20005, EE.UU. El CTC ha adaptado otros métodos para el análisis de los efluentes de curtiembre, que se describen en el manual "Techniques d'analyse des eaux résiduaires industrielles" (Técnicas de análisis de las aguas residuales industriales), editado por el CTC, 4 rue Hermann Frenkel, 69367 Lyon Cedex 07, Francia.

6.1 Métodos de muestreo

Es indispensable obtener muestras significativas del elemento que se desea analizar. Los frascos para la extracción de la muestra deben estar limpios y enjuagarse con el agua que se va a examinar.

Toma de muestra instantánea

Es el método más utilizado, el cual permite determinar en buenas condiciones los parámetros analíticos de un líquido residual que no contenga materias en suspensión. En cambio, sólo aporta una información escasa cuando el vertido tomado como muestra es susceptible de variaciones en calidad y en cantidad con el curso del tiempo.

Toma de muestra compuesta

Cuando lo que se pretende hallar es un valor medio para dos o 24 horas, es necesario hacer una extracción proporcional al caudal, por medio de un aparato automático. Con frecuencia es posible conocer las variaciones de las características del efluente en el curso del día analizando los diferentes intervalos, horarios en los que se han extraído los muestreos. Las muestras deben conservarse a 4°C para evitar su evolución, y pese a estas precauciones, para ciertos parámetros al cabo de 24 horas de almacenamiento pueden producirse cambios en sus valores. La rapidez de los análisis es pues una garantía de su exactitud.

6.2 Determinación del pH

Esta medición indica si la solución es ácida (pH comprendido entre 0 y 7) o alcalina (pH comprendido entre 7 y 14). En ciertos casos es posible utilizar papeles indicadores, pero esta medida es poco precisa y se presta a riesgos de interferencia (luz, materias en suspensión, productos clorados).

El método electroquímico es el más empleado y el más preciso. Consiste en sumergir en la solución que se quiere analizar un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia (calomel). La diferencia de potencial entre ambos electrodos es directamente proporcional al pH de la solución.

Esta determinación exige un aparato de medida, es decir un medidor del pH, con un electrodo de vidrio y un electrodo de calomel (KCl), vasos de precipitado de vidrio, un agitador, y soluciones testigo (tampón) de pH 4, 7 y 10.

6.3 Determinación de los sólidos sedimentables

Se controla el volumen de sólidos sedimentables presentes en el efluente colocando una muestra en una probeta graduada, preferiblemente de forma cónica. Es posible seguir la velocidad de decantación del efluente observando el volumen de lodo que se forma en función del tiempo. Los sólidos sedimentables son los que se depositan durante un período establecido, convencionalmente en dos horas.

El material necesario para esta determinación se limita a un cono Imhoff y una probeta de un litro.

6.4 Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) (Método estándar 5220 C)

La DQO es la cantidad de oxígeno consumido por las materias minerales y orgánicas oxidables en condiciones definidas:

- presencia de un exceso de dicromato de potasio
- medio ácido sulfúrico concentrado
- ebullición durante dos horas
- catalizadores: sulfato de mercurio y sulfato de plata

La determinación del exceso de dicromato de potasio se realiza mediante una solución de sal de Mohr (sulfato de hierro II y amonio)

Esta medición exige la utilización de los materiales siguiente:

- una balanza de precisión (1/10 de mg)
- matraces de 500 ml de cuello esmerilado (6)
- refrigerantes por agua o aire (6)
- pipetas de precisión
- una bureta de precisión de 25 ml
- una batería de 6 resistencias eléctricas

Esta determinación requiere los reactivos químicos siguientes:

- Sulfato de mercurio (II), (HgSO_4 en polvo)
- Sulfato de plata (Ag_2SO_4 en polvo)
- Acido sulfúrico concentrado ($d_{20^\circ}=1,83$)
- Sal de Mohr ($\text{FeSO}_4 (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, 6 \text{H}_2\text{O}$)
- Dicromato de potasio $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- 1,10 fenantrolinamono hidratada
- Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$)

6.5 Determinación del cromo

El cromo se presenta bajo dos estados de oxidación estables: uno hexavalente y el otro trivalente (en solución, el cromo trivalente es verde y el cromo hexavalente anaranjado).

Las técnicas analíticas permiten determinar el contenido de cromo hexavalente por colorimetría, o por titulación con sal de Mohr; y el contenido de cromo total previa oxidación del cromo trivalente. El tenor de cromo trivalente se calcula por diferencia. La sensibilidad de la determinación es de 25 mg/l aproximadamente.

La oxidación a cromo hexavalente se obtiene, en ebullición, por una mezcla de ácido sulfúrico, perclórico y nítrico. En ese caso, la determinación es posible según tres métodos principales:

- Determinación colorimétrica con la difenilcarbocida en medio ligeramente ácido que da una coloración rosa-violeta que se puede medir a 540 nm (método estándar 3500-Cr D).

- Determinación por reducción del cromo VI a cromo III con la sal de Mohr (sulfato doble de hierro y de amonio) en presencia de indicador ferroin (método estándar para la DQO).

- Determinación por iodometría con ioduro de potasio, titulando el iodo liberado con tiosulfato de sodio.

Para medir bajas concentraciones, es necesario utilizar la espectrometría de absorción atómica que permite determinar una concentración mínima de 50 ug/l de cromo. Como consecuencia del costo del instrumental, en el presente manual no describiremos ni evaluaremos este método.

El equipo necesario para las determinaciones normales es el siguiente:

- Para la fase de oxidación:

- un equipo calentador, a gas o eléctrico
- una balanza de precisión de 1/10 de mg
- pipetas de precisión
- matraces calibrados de 250 ml (6)
- matraces cónicos de 250 ml (6)
- perlas de vidrio

- Para la fase colorimétrica:

- un espectrofotocolorímetro
- matraces calibrados de 50 ml (6)
- pipetas de precisión
- un embudo con papeles de filtro

- Para la determinación con la sal de Mohr:

- una bureta de precisión de 25 ml
- pipetas de precisión
- vasos de precipitado de vidrio de 250 ml (6)

- Para la determinación por iodometría:

- una bureta de precisión de 25 ml
- matraces cónicos de 250 ml (6)
- pipetas de precisión.

Los reactivos químicos necesarios en la fase de oxidación y para las diferentes determinaciones son los siguientes:

- oxidación:

ácido perclórico HClO_4 , $d_{20}^{\circ}\text{C} = 1,615$
ácido sulfúrico H_2SO_4 , $d_{20}^{\circ}\text{C} = 1,83$
ácido nítrico HNO_3 , $d_{20}^{\circ}\text{C} = 1,33$

- determinación espectrofotocolorimétrica:

difenilcarbácida
anhídrido ftálico
alcohol etílico de 95%
cromato de potasio K_2CrO_4 para la calibración del fotocolorímetro

- determinación por la sal de Mohr:

ácido sulfúrico concentrado ($d_{20}^{\circ}\text{C} = 1,83$)
sal de Mohr ($\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, 6 \text{H}_2\text{O}$)
dicromato de potasio $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
1,10 fenantrolina monohidratada
sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$)

- determinación iodimétrica

ácido fosfórico (H_3PO_4 , $d_{20}^{\circ}\text{C} = 1,71$)
ioduro de potasio KI
almidón en polvo
tiosulfato de sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 5 \text{H}_2\text{O}$
dicromato de potasio $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

6.6 Sólidos en suspensión (método estándar 2540 D)

Esencialmente, son dos los métodos aplicados en el laboratorio:

- la filtración al vacío con filtro de fibra de vidrio,
- centrifugación para las muestras con sólidos muy finos.

Después de pesar el líquido, se coloca el filtro en un embudo para filtración al vacío, y se filtra una cantidad determinada de líquido. El filtro se seca a 105°C y se pesa.

En aquellos casos en que la filtración no es posible realizarla, la muestra se centrifuga, se elimina el sobrenadante, y el residuo se seca a 105°C y se pesa.

El material necesario para medir los sólidos en suspensión por filtrado es el siguiente:

- una trompa de vacío con inyección de agua o una bomba de vacío
- un aparato de filtración al vacío (kitasato de 1 litro y un embudo Buchner)
- filtros calibrados de fibra de vidrio (100)
- cápsulas de cuarzo (10) (o bien de porcelana)
- una estufa ($100 - 105^{\circ}\text{C}$)

- una balanza de precisión de 1/10 mg
- pipetas de precisión
- un desecador.

En la medida en que se determinen al mismo tiempo las materias minerales presente en los sólidos en suspensión (SS), conviene disponer de una mufla:

- mufla que permita alcanzar de 600 a 650°C.

Para medir los sólidos en suspensión por centrifugado, es necesario disponer además de una centrífuga:

- centrífuga capaz de una velocidad media de 3.000 r.p.m. y provista de recipientes de 200 ml como mínimo y 500 ml de ser posible.

6.7 Sólidos totales (residuo seco) (Método estándar 2540 B)

Se trata de determinar por evaporación los sólidos totales presentes en la muestra. A una temperatura de 100 a 105°C, sólo se elimina el agua y ciertos solventes orgánicos. A una temperatura de 600 a 650°C sólo quedan las sustancias minerales, aunque algunas pueden descomponerse parcialmente.

Los materiales necesarios son los siguientes:

- cápsulas de cuarzo (o bien de porcelana) (10)
- una estufa (100 a 105°C)
- una balanza de precisión con una precisión de 1/10 mg
- recipientes de vidrio de laboratorio (pipetas de precisión, desecador)

y eventualmente, para las sustancias minerales:

- una mufla que permita alcanzar 600 a 650°C.

6.8 Determinación del sulfuro

El sulfuro de sodio es sumamente tóxico para los organismos vivos a partir de una dosis de 4 mg/l. Es posible utilizar dos métodos para su determinación:

- un método electroquímico, basado en el empleo de un electrodo específico muy fiable pero que exige la utilización de un instrumental especializado;
- titulación volumétrica con ferricianuro de potasio.

Método potenciométrico (Método CTC - Técnica Rodier)

Los sulfuros se transforman en sulfuro de plata mediante la adición de nitrato de plata. La variación de potencial en el punto de equivalencia se registra en el aparato, la sensibilidad de la determinación es de 2 mg/l.

Los materiales necesarios para la determinación son los siguientes:

- un equipo para determinaciones potenciométricas
- un electrodo de calomel lleno con solución saturada de K_2SO_4
- un electrodo específico de sulfuro
- pipetas de precisión
- una probeta de 50 ml
- vasos de precipitado de vidrio de 250 ml
- un agitador magnético.

Los reactivos químicos utilizados son los siguientes:

- nitrato de plata ($AgNO_3$)
- hidróxido de amonio NH_4OH , $d_{20^\circ C} = 0,9$
- cloruro de amonio (NH_4Cl)
- ácido diamino 1-2 ciclohexano tetracético (CDTA).

Método volumétrico

Los sulfuros se determinan con ferricianuro de potasa en presencia de un complejo ferroso de amonio-dimetilglioxima. Los sulfuros se oxidan en azufre y los sulfitos, que pueden causar interferencias, se precipitan con cloruro de bario. La sensibilidad de este método es de 8 mg/l.

Los materiales necesarios para la determinación son los siguientes:

- una bureta de 25 ml
- un agitador magnético
- un vaso de precipitado de vidrio de 250 ml
- pipetas de precisión
- una balanza de precisión con una precisión de 1/10 mg.

Los reactivos químicos utilizados son los siguientes:

- ferricianuro de potasa ($K_3Fe(CN)_6$)
- cloruro de amonio (NH_4Cl)
- hidróxido de amonio (NH_4OH , $d_{20^\circ} = 0,9$)
- cloruro de bario ($BaCl_2$)
- sulfato de hierro II ($FeSO_4$)
- etanol de 95%
- dimetilglioxima
- ácido sulfúrico H_2SO_4 $d_{20^\circ C} = 1,84$

6.9 Determinación del oxígeno disuelto

La cantidad de oxígeno disuelto depende de la actividad biológica que se desarrolla en el agua. La actividad respiratoria de la fauna y la flora exigen cantidades de oxígeno más o menos importantes. Ciertos parámetros físico-químicos condicionan el contenido de oxígeno disuelto, tales como temperatura, presión atmosférica y salinidad.

Hay dos técnicas para determinar el oxígeno disuelto:

- una determinación volumétrica, basada en las propiedades oxidantes del oxígeno disuelto: determinación de Winkler. (Método estándar 4500-O B)
- una medición electroquímica con un electrodo polarográfico (Método estándar 4500-O G)

Debido a la complejidad del método volumétrico, a sus posibles interferencias y a la duración de la medición, sólo tendremos en cuenta aquí el método electroquímico.

El material necesario para la medición es el siguiente:

- un agitador magnético
- una sonda de medición polarográfica
- un termómetro
- un analizador de oxígeno graduado en ppm, mg/l o en % de oxígeno
- matraces de 100 ml (20).

6.10 Índice de Mohlman (Método estándar 2710 D)

El índice de Mohlman es el volumen en ml ocupado por 1 g de sólidos en suspensión después de una sedimentación durante 30 mn. Este índice permite controlar el funcionamiento de un tratamiento biológico; está directamente relacionado al poder de sedimentación del lodo activado.

El material necesario para esta determinación es el siguiente:

- una estufa regulada a 105°C
- un cono Imhoff y una probeta de 1 litro
- cápsulas de cuarzo (o bien de porcelana) (5)
- una balanza de precisión con una precisión de 1/10 mg
- pipetas de precisión de 50 ml.

6.11 Determinación del nitrógeno total Kjeldahl (NTK) (Método estándar 4500-Norg B y 4500-Norg C)

El nitrógeno total Kjeldahl corresponde a la suma del nitrógeno amoniacal y del nitrógeno orgánico. Si se añaden las formas oxidadas del nitrógeno, los nitritos y los nitratos, se obtiene el nitrógeno total.

Por mineralización en medio ácido, el nitrógeno orgánico (proteínas, péptidos, aminoácidos, ...) se transforma en nitrógeno amoniacal sin que se produzca degradación de los componentes oxidados del nitrógeno (nitritos, nitratos, hidracina, oximas, ...). Después, por destilación en medio básico, el amoníaco se desplaza y determina por acidimetría. La sensibilidad de este método es del orden de 2 mg/l.

Los materiales necesarios para la determinación son los siguientes:

- un instrumental de destilación que incluye:
 - matraces para la destilación de 1000 ml
 - conexión reductora esmerilada

- un adaptador de tres esmerilados
- una ampolla de decantación
- un condensador recto
- una pieza de conexión curva
- un calentador de gas (mechero Bunsen)
- barras de apoyo
- pinzas,

o un aparato de destilación automática.

- una rampa de mineralización con campana de humos (calentada por gas o electricidad)
- matraces de 500 ml
- una bureta
- un agitador magnético
- grasa de silicona.

Los reactivos químicos utilizados para esta determinación son los siguientes:

- ácido sulfúrico (H_2SO_4 $d_{20^\circ C} = 1,84$)
- sulfato de potasa (K_2SO_4)
- catalizador de selenio
- hidróxido de sodio (NaOH)
- ácido bórico (H_3BO_3)
- rojo de metilo
- verde bromocresol
- etanol al 95%.

6.12 Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno, DBO₅ (Método estándar 5210 B)

La demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, o DBO₅, es la cantidad de oxígeno consumida en las condiciones del ensayo (incubación durante 5 días a 20°C y en la oscuridad) por ciertas sustancias presentes en el agua durante su degradación por vía biológica.

Pese a sus limitaciones, la medición de la DBO₅ sigue siendo la técnica analítica que simula más fielmente la metabolización de los contaminantes orgánicos en los cursos de agua.

Sin embargo, hay cuatro fenómenos que pueden producir interferencias en la DBO₅:

- la presencia de sustancias sumamente reductoras constituye una demanda importante de oxígeno durante las diez primeras horas (sulfuros, sulfitos,...);
- la actividad fotoquímica que provoca la producción de oxígeno en el seno mismo de la muestra y que se inhibe por la incubación de muestras en la oscuridad;
- la presencia de tóxicos que pueden inhibir totalmente o durante un período determinado las reacciones biológicas;

- la acción de las bacterias del ciclo del nitrógeno (nitrificación) que puede modificar considerablemente el equilibrio en oxígeno del medio, sobre todo al fin de la medición.

El principio de la medición consiste en preparar varias diluciones de la muestra utilizando agua saturada en oxígeno e inoculando microorganismos (siembra). La cantidad de oxígeno disuelto en cada dilución se mide antes y después de la incubación durante cinco días a 20°C, en la oscuridad. El consumo de oxígeno debe estar comprendido entre un 40% y un 60% del contenido inicial de la muestra.

También es posible utilizar un método manométrico que permite seguir la evolución del consumo de oxígeno durante todo el período de cinco días. La forma de la curva del consumo de oxígeno producida constituye una buena indicación de la posible presencia de productos tóxicos en la muestra que se quiere analizar.

El material que se precisa para el método manométrico es un respirómetro de varias posiciones en el que se pueda leer mediante un manómetro, o bien a través de un registro continuo, el consumo de oxígeno. Este material debe ser termostatzado a 20°C ± 1°C.

Los materiales necesarios para la determinación por dilución de la demanda bioquímica de oxígeno son los siguientes:

- un recipiente termostatzado a 20°C ± 1°C
- matraces de incubación con tapones esmerilados de 250 ml
- pipetas de precisión
- matraces calibrados de 2000, 1000, 500, 250, 150 y 100 ml
- un equipo de medición del oxígeno disuelto por sonda polarográfica
- un dispositivo de aereación para saturar el agua de dilución.

Los reactivos necesarios para la medición de la DBO₅ son los siguientes:

- fosfato disódico dihidratado (Na₂HPO₄, 2H₂O), o fosfato disódico duodécimo hidratado (Na₂HPO₄, 12H₂O)
- fosfato diácido de potasio (KH₂PO₄)
- sulfato de magnesio (MgSO₄, 7H₂O)
- cloruro de calcio (CaCl₂)
- cloruro férrico (FeCl₃)
- cloruro de amonio (NH₄Cl)
- lodo de la planta de tratamiento biológica o del agua del vertido para la siembra
- ácido sulfúrico (H₂SO₄ d 20°: 1,84)
- dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇).

6.13. Determinación del calcio

El calcio es un elemento dominante de la dureza del agua y por tal motivo puede entorpecer ciertos procesos de fabricación del cuero, como por ejemplo la tintura. Es también uno de los constituyentes del baño de depilación y de apelmbrado. Existen dos métodos de determinación mediante complexometría por EDTA (sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético):

- un método volumétrico con el uso de un indicador de cambio de color para la determinación del calcio,
- un método potenciométrico que permite también la determinación del magnesio además de la del calcio.

Determinación del calcio por volumetría (Técnicas Rodier)

El calcio se combina con una solución de EDTA, en medio básico (pH entre 12 y 13) y en presencia del indicador azul de eriocromo. La sensibilidad del método es de 5 mg/l.

Los materiales necesarios son los siguientes:

- una bureta de 25 ml
- un agitador magnético
- pipetas de precisión
- vasos de precipitado de vidrio de 150 ml
- una balanza de precisión con una precisión de 1/10 mg.

Los reactivos utilizados en la determinación son los siguientes:

- hidróxido de sodio (NaOH)
- azul de eriocromo
- EDTA (sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético).

Determinación del calcio por potenciometría (Método estándar 3500-Ca D)

Primeramente, se valora la totalidad de los iones calcio y magnesio por complexometría con EDTA a pH $10,2 \pm 0,1$. Seguidamente, se elimina el ion magnesio en forma de hidróxido a pH $12 \pm 0,1$ y sólo se determina el calcio por complexometría con EDTA. Las reacciones se siguen por potenciometría.

Los materiales necesarios son los siguientes:

- equipo para mediciones potenciométricas
- un electrodo de referencia de calomel
- un electrodo de plata amalgamado con mercurio
- un agitador magnético
- una balanza de precisión con una precisión de 1/10 mg
- vasos de precipitado de vidrio de 150 ml
- pipetas de precisión.

Los reactivos utilizados para esta determinación son los siguientes:

- ácido nítrico (HNO_3)
- mercurio purificado
- trietanolamina
- etanolamina
- EDTA, sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético
- sulfato de mercurio (Hg SO_4)
- carbonato de calcio (CaCO_3)
- hidróxido de sodio (NaOH).

6.14. Determinación de los cloruros (Método estándar 4500-CL⁻D)

Los cloruros, en medio de ácido nítrico, se transforman en sales de plata en presencia de nitrato de plata. Para este análisis se utiliza un método potenciométrico. La sensibilidad de este método es de 5 mg/l.

Los materiales necesarios son los siguientes:

- equipo para mediciones potenciométricas
- un electrodo de plata
- un electrodo de referencia lleno con solución saturada de K_2SO_4
- vasos de precipitado de vidrio de 250 ml
- un agitador magnético
- pipetas de precisión.

Los reactivos necesarios para este análisis son los siguientes:

- nitrato de plata ($AgNO_3$)
- ácido nítrico concentrado (HNO_3 $d_{20}^{\circ}C$: 1,33)
- ácido clorhídrico (HCl)
- ácido sulfúrico (H_2SO_4).

6.15. Determinación de los fenoles (Método estándar 5530 D)

En presencia de ferricianuro de potasio, en medio alcalino, algunos compuestos fenólicos reaccionan con la aminoantipirina para dar una coloración roja anaranjada que puede ser evaluada colorimétricamente en fase clorofórmica.

Sin embargo, no todos los fenoles reaccionan (en particular los fenoles sustituidos en posición para). Algunos fenoles dan diferentes intensidades de color, por esta razón se utiliza la expresión índice-fenol más que determinación de fenoles.

El material necesario para este análisis es el siguiente:

- una balanza de precisión con una precisión de 1/10 de mg
- matraces graduados de 25 ml (12)
- matraces de 100 ml (4)
- frascos graduados de 1.000 ml (2)
- un medidor de pH
- un espectrofotocolorímetro
- ampollas de decantación de 250 ml (12)
- matraces graduados de 200 ml (12)
- pipetas de precisión
- vasos de precipitado de vidrio de 150 ml (12)
- un aparato de destilación de vidrio, con juntas esmeriladas, que incluya:
 - un matraz de tres cuellos de 500 ml
 - un embudo con grifo adaptable al matraz
 - un condensador
 - dos piezas de conexión curvas.

Los reactivos necesarios para esta determinación son los siguientes:

- cloruro de amonio (NH_4Cl)
- tartrato doble de potasio y de sodio ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6, 4 \text{H}_2\text{O}$)
- hidróxido de amonio (NH_4OH)
- 4 aminoantipirina (1 fenil-2-3-dimetil-4-amino-pirazolona-5)
- ferricianuro de potasio ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$)
- ácido fosfórico (H_3PO_4)
- cloroformo (CHCl_3)
- cloruro de sodio (NaCl)
- fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$).

6.16. Determinación de los sulfatos (Método estándar 4500- SO_4^{2-} E)

En medio de ácido clorhídrico, los sulfatos se precipitan en presencia de cloruro de bario. El precipitado de sulfato de bario se estabiliza con una solución de Tween 20, a fin de permitir una medición nefelométrica mediante espectrómetro. La sensibilidad de este método se sitúa entre 1 y 2 mg/l.

El material necesario para esta determinación es el siguiente:

- un espectrofotocolorímetro regulado a 650 nm
- matraces graduados de 50 ml con tapón (12)
- pipetas de precisión
- una balanza de precisión con una precisión de 1/10 mg
- matraces graduados de 1.000 ml (2)
- matraces graduados de 100 ml (2).

Los reactivos necesarios son los siguientes:

- sulfato de sodio (Na_2SO_4)
- ácido clorhídrico (HCl)
- Tween 20
- cloruro de bario estabilizado (BaCl_2).

6.17. Determinación del aluminio

Se utiliza la sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético, EDTA. En efecto, entre el ion metálico Al^{3+} y el par de electrones libres del nitrógeno existe un enlace donante-aceptador. El complejo obtenido con el aluminio se carga negativamente.

Se utilizan dos métodos:

- método potenciométrico,
- método volumétrico con indicador de cambio de color.

Determinación potenciométrica (Método CTC)

Puesto que la reacción entre el EDTA y el aluminio es muy lenta, por lo que no es posible hacer un análisis directo; se realiza una determinación por retorno. Se utiliza una cantidad en exceso, medida exactamente, de EDTA, se regula la solución a pH 4,5 y se acelera la reacción por calentamiento. Se determina seguidamente el exceso de EDTA mediante una solución titulada de sulfato de zinc a un pH comprendido entre 5 y 6. La sensibilidad de este método es de 25 mg/l.

Los materiales necesarios para esta determinación son los siguientes:

- un equipo para mediciones potenciométricas
- vasos de precipitado de vidrio de 150 ml (5)
- pipetas de precisión
- una rampa de calentamiento
- una balanza de precisión de 1/10 de mg
- un electrodo de referencia de calomel
- un electrodo de plata amalgamado con mercurio.

Los reactivos necesarios son los siguientes:

- sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético, EDTA
- rojo de metilo
- alcohol etílico de 95%
- hidróxido de sodio (NaOH)
- hexameten-tetramina
- anaranjado de xilenol
- sulfato de zinc ($ZnSO_4$)
- ácido nítrico concentrado (HNO_3)
- etanolamina
- sulfato de mercurio ($HgSO_4$).

Determinación volumétrica

Se determina directamente el aluminio con el EDTA, en caliente, en presencia del complejo de cobre y un indicador de cambio de color.

Los materiales necesarios para esta determinación son los siguientes:

- una balanza de precisión con una precisión de 1/10 mg
- una bureta de 25 ml
- un calentador de gas
- matraces de 250 ml de boca ancha (5)
- pipetas de precisión
- un agitador magnético.

Los reactivos necesarios son los siguientes:

- sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético, EDTA
- solución de referencia de aluminio
- un indicador
- sulfato de cobre ($CuSO_4$).

6.18. Determinación de hierro (Método estándar 3500-Fe D)

El hierro reacciona con la fenantrolina para formar un complejo rojo susceptible de una medición colorimétrica a 510 nm. La sensibilidad de este método es de 0,01 mg/l. Para determinar el hierro total hay que transformar el hierro III en hierro II.

En esta determinación se observan varias interferencias:

- * El cobre, el cobalto, el cromo y el zinc producen interferencias si están presentes en concentraciones equivalentes a diez veces la del hierro. Los cianuros y el níquel a partir de una concentración de 2 mg/l. Estas interferencias pueden evitarse si se trabaja entre un pH 3,5 y 5,5.
- * El cadmio, el mercurio, el bismuto y la plata producen interferencias reaccionando con la fenantrolina.
- * Los fosfatos reaccionan cuando su concentración equivale a diez veces la del hierro.
- * En el caso de las aguas residuales industriales, antes del análisis es necesario proceder a una calcinación a 650°C y a la disolución de las cenizas.

Los materiales necesarios para la determinación son los siguientes:

- un espectro fotómetro regulado a 510 nm
- matraces graduados de 100 ml (12)
- pipetas de precisión
- una balanza de precisión con una precisión de 1/10 de mg.

Los reactivos necesarios son los siguientes:

- ácido clorhídrico concentrado (HCl)
- ácido nítrico concentrado (HNO₃)
- ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄)
- persulfatodisódico (K₂S₂O₈)
- clorhidrato de hidroxilamina (NH₂OH, HCl)
- acetato de amonio (CH₃COONH₄)
- ácido acético cristalizante (CH₃COOH)
- clorhidrato de fenantrolina (1,10 C₁₂H₉ClN₂H₂O)
- alambre de hierro no oxidado.

6.19 Determinación del fósforo y sus compuestos

Los métodos descritos permiten determinar el fósforo presente en las aguas en diversas formas:

- determinación de los ortofosfatos
- determinación de los polifosfatos previa hidrólisis
- determinación del fosfato total previa mineralización.

La sensibilidad de todos estos métodos es de 0,01 mg/l. Todos los resultados se expresan en mg/l de fósforo (P).

Determinación de los ortofosfatos (Técnicas Rodier)

En medio ácido y en presencia de molibdato de amonio, los ortofosfatos dan un complejo fosfomolibdico que, reducido por ácido ascórbico, da lugar a una coloración azul susceptible de una valoración colorimétrica.

Los materiales necesario para esta determinación son los siguientes:

- un espectrofotocolorímetro
- pipetas de precisión
- matraces graduados de 50 ml (12)
- una balanza de precisión con una precisión de 1/10 de mg
- una balanza de laboratorio con una precisión de 1/100 de g
- un medidor de pH
- matraces graduados de 500 ml (3)
- matraces graduados de 1000 ml (5).

Los reactivos necesarios son los siguientes:

- ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$)
- ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- hidróxido de sodio (NaOH)
- tartrato de potasio y de antimonio ($K(SbO)C_4H_4O_6, 0,5 H_2O$)
- molibdato de amonio ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}, 4H_2O$)
- potasio diácido de potasio (KH_2PO_4).

Determinación de los polifosfatos (Técnicas Rodier)

Por hidrólisis en caliente y en medio ácido, los polifosfatos se transforman en ortofosfatos.

La determinación colorimétrica efectuada después de la hidrólisis da el contenido global expresado en mg/l de fósforo P, de los ortofosfatos inicialmente presente y de los polifosfatos. El contenido en polifosfatos o fosfatos hidrolizables vendrá dado por la diferencia entre este valor global y los valores de los ortofosfatos, que deberán determinarse por separado.

Al material ya descrito para la determinación de los ortofosfatos, habrá que añadir el equipo siguiente:

- matraces de vidrio de 250 ml (5)
- una rampa de calentamiento
- matraces graduados de 100 ml (5)

Los reactivos químicos utilizados son los mismos que para la determinación de los ortofosfatos.

Determinación del fósforo total (Técnicas Rodier)

En medio ácido, en caliente y en presencia de persulfato de sodio, el fósforo, cualquiera sea su estado, se mineraliza en ortofosfato. Se procede entonces a una determinación colorimétrica de los ortofosfatos obtenidos.

Además del material necesario para la determinación de los ortofosfatos, hay que añadir:

- una rampa de mineralización que incluye:
 - matraces de 250 ml de cuello largo (tipo Kjeldahl) (5)
 - una rampa de calentamiento
- matraces graduados de 200 ml (5)
- vasos de precipitado de vidrio de 250 ml (5)
- una campana de aspiración de humos.

Además de los reactivos necesarios para la determinación de los ortofosfatos, conviene añadir:

- persulfato disódico ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$).

6.20 Análisis del color (Método estándar 2120 B)

Este método se basa en la comparación visual de la muestra que debe analizarse con una escala de coloración de referencia, como la de platino cobalto. Esta medición sólo se aplica a las aguas cuyas características de color se aproximan a la escala de referencia.

Los materiales necesarios para la determinación son los siguientes:

- tubos colorimétricos de fondo plano de 50 ml (20)
- balanza de precisión con una precisión de 1/10 de mg
- un matraz calibrado de 1000 ml
- matraces calibrados de 50 ml (15)
- un equipo de filtración al vacío con filtros de fibra de vidrio.

Los reactivos químicos necesarios son los siguientes:

- cloruro de cobalto (II) hexahidratado ($\text{CoCl}_2, 6\text{H}_2\text{O}$)
- cloro platinato de potasio (K_2PtCl_6)
- ácido clorhídrico ($\text{HCl } d_{20}^4 = 1,19$).

6.21 Determinación de la toxicidad de un efluente

La noción de toxicidad es muy compleja: implica la acción de numerosos elementos bajo formas muy variadas (complejados, ionizados, oxidados, ...). La medición de la toxicidad se realiza por medio de una prueba que requiere un reactivo biológico: peces, dafnias, bacterias, algas, ... Esta medición que exige una técnica elaborada, se reserva a laboratorios especializados.

7. DETERMINACION DE CUATRO TAMAÑOS DE LABORATORIO

Con el fin de evaluar de manera cuantitativa y cualitativa los equipos y los reactivos químicos necesarios para un laboratorio de curtiembre para la operación de una planta de tratamiento de tipo fisicoquímico y biológico, así como para la aplicación de tecnologías limpias en la fábrica, se ha establecido la escala siguiente:

Nivel 1

El laboratorio está asociado a una curtiembre de pequeñas dimensiones que trata menos de 5 toneladas de pieles vacunas saladas por día, o que fabrica menos de 1.000 pieles de cordero o de cabra por día. Los valores límites pueden ser más elevados si la curtiembre sólo realiza una parte de la fabricación, por ejemplo, de la piel a cuero "wet-blue" o del cuero al cromo seco a acabado. La cantidad de agua vertida es generalmente inferior a 150-200 m³/día.

Nivel 2

Este nivel corresponde a una curtiembre que trata entre 5 y 15 toneladas por día de pieles vacunas saladas curtiembre, o de 1.000 a 3.000 pieles pequeñas por día. La cantidad de agua evacuada varía entre 200 y 500 m³/día.

Nivel 3

Este nivel corresponde a una curtiembre que procesa entre 15 a 30 toneladas de piel vacuna por día y 3.000 a 6.000 pieles de cordero y de cabra al día, con una cantidad de agua vertida inferior a 1.000 m³/día.

Nivel 4

Este último nivel corresponde a una curtiembre de pieles vacunas saladas con una capacidad superior a 30 toneladas por día, y a una fábrica que trate más de 6.000 pieles pequeñas por día. El volumen de los efluentes líquidos es generalmente superior a 1.000 m³/día.

8. NUMERO DE ANALISIS REALIZADOS POR SEMANA EN CADA NIVEL

El número de análisis por semana, para cada determinación, puede evaluarse según el cuadro siguiente:

<u>Parámetro</u>	<u>Nivel 1</u>	<u>Nivel 2</u>	<u>Nivel 3</u>	<u>Nivel 4</u>
pH	15	30	60	90
Sólidos sedimentables	5	5	10	10
DQO	2	5	10	10
Cromo	5	10	20	30
Sólidos en suspensión(SS)		5	10	10
Sólidos totales (ST)		5	10	10
Sulfuros		5	10	10
O ₂ disuelto		5	10	15
Indice de Mohlman			5	5
NTK			2	5
DBO ₅			5	10
Calcio			5	10
Cloruros			2	5
Fenoles				2
Sulfatos				2
Aluminio				5
Hierro				2
Fósforo				1
Color				1

Evidentemente, estos valores no son más que indicaciones cuantitativas susceptibles de variación en contextos concretos, como es el caso de una conexión con una estación colectiva de tratamiento de efluentes industriales.

9. LABORATORIO DE NIVEL 1 - MATERIAL NECESARIO

En este laboratorio se llevarán a cabo las determinaciones siguientes:

- pH, sólidos sedimentables, DQO y cromo.

El material de laboratorio necesario es el siguiente:

- un medidor de pH de laboratorio
- un electrodo de vidrio y un electrodo de calomel (KCl)
- vasos de precipitado de vidrio de 250 ml (12)
- un agitador magnético con calefacción con 5 varillas ("buzos") recubiertos con teflón
- un cono Imhoff graduado de 1 litro, con soporte
- una balanza de precisión (1/10 de mg)
- matraces de 500 ml con cuello esmerilado (6)
- refrigerantes por agua o aire (6)
- 4 pipetas de precisión para cada volumen de 1,5 10, 20, 25, y 50 ml
- dos buretas de precisión de 25 ml
- un soporte de bureta con doble pinza
- calentadores eléctricos para matraces (6)
- matraces calibrados de 250 ml (6) con tapones
- matraces de 250 ml (6)
- perlas de vidrio
- un destilador para agua destilada de 4 l/hora (3kW)
- un depósito de reserva de 20 litros
- 50 m de tubo de PVC transparente de 10 mm de diámetro interior
- un refrigerador de 250 litros aproximadamente.

Este material exige una superficie de mesada de laboratorio de 6 m de largo por 0,85 m de ancho, con una pileta, dos grifos de agua fría y uno de agua caliente, cuatro tomas eléctricas monofásicas y una toma trifásica. En el laboratorio, de una superficie total de 18 m², deberá haber también un armario para guardar el material y los reactivos químicos así como una campana de extracción de humos.

10. LABORATORIOS DE NIVEL 1 - REACTIVOS QUIMICOS

Los reactivos químicos se han determinado para un funcionamiento normal del laboratorio durante un año. Estos productos corresponden a las siguientes determinaciones:

- 750 mediciones de pH
- 250 determinaciones de sólidos sedimentables
- 100 DQO
- 250 análisis de cromo por el método de sal de Mohr.

Los reactivos químicos necesarios son los siguientes:

- 12 soluciones tampón pH 4
- 12 soluciones tampón pH 7
- 12 soluciones tampón pH 10
- 100 g de sulfato de mercurio II (Hg SO₄) en polvo
- 50 g de sulfato de plata (Ag₂SO₄) en polvo
- 15 litros de ácido sulfúrico concentrado (d 20°: 1,83)
- 2 kg de sal de Mohr (FeSO₄)(NH₄)₂SO₄, 6H₂O

- 250 g de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$)
- 300 ml de indicador ferroína (1,10-fenantrolina y $FeSO_4 \cdot 7H_2O$)
- 3 litros de ácido perclórico ($HClO_4$), $d_{20^\circ C} = 1,615$
- 2 litros de ácido nítrico (HNO_3 , $d_{20^\circ C} = 1,33$).

11. LABORATORIO DE NIVEL 2 - MATERIAL NECESARIO

Este laboratorio efectuará las determinaciones siguientes:

- pH, sólidos sedimentables, DQO, cromo, sólidos suspendidos, sólidos totales, sulfuro y oxígeno disuelto.

El material de laboratorio necesario es el siguiente:

- un tomamuestra automático
- un medidor de pH de laboratorio
- un electrodo de vidrio y un electrodo de calomel (KCl)
- dos vasos de precipitado de vidrio de 250 ml (12)
- un agitador magnético con calefacción, con dos varillas ("buzos") recubiertos con teflón
- un cono de Imhoff graduado de un litro, con soporte
- una balanza de precisión (1/10 de mg)
- dos matraces de 500 ml con cuello esmerilado (6)
- dos refrigerantes de agua o aire (6)
- cuatro pipetas de precisión para cada volumen de 1, 5, 10, 20, 25 y 50 ml
- dos buretas de precisión de 25 ml
- un soporte de bureta con doble pinza
- calentadores eléctricos para matraces (6)
- matraces calibrados de 250 ml (6) con tapón
- matraces de 250 ml (6)
- perlas de vidrio
- un destilador para agua destilada de 4 litros hora (3 kW)
- un depósito de reserva de 20 litros
- 50 metros de tubo de PVC transparente de 10 mm de diámetro interior
- un refrigerador de 250 litros aproximadamente
- una trampa de vacío inoxidable con 10 metros de tubo para vacío de 6 x 18 mm
- un aparato de filtración al vacío (matraz de 1 litro, soporte y junta)
- cápsulas de cuarzo (o bien de porcelana) de 50 ml (10)
- cápsulas de cuarzo (o bien de porcelana) de 190 ml (10)
- una estufa de 100 a 105°C, de 55 litros de capacidad
- un desecador de 200 mm de diámetro
- una mufla de 5 litros que permita alcanzar 850°C
- un equipo para determinaciones potenciométricas
- un electrodo de calomel lleno con solución saturada de K_2SO_4
- un electrodo específico de sulfuro
- dos probetas de 50 ml
- una sonda de medición polarográfica
- un termómetro de precisión
- un analizador de oxígeno graduado en ppm, mg/l, o en % de oxígeno
- vasos de precipitado de vidrio de 100 ml (20).

Estos materiales requieren una superficie de mesada de laboratorio de 10 metros de largo por 0,85 metros de ancho, con una piletta, tres grifos de

agua fría y uno de agua caliente, seis tomas eléctricas monofásicas y una toma trifásica. En el laboratorio, de una superficie total de 30 m², deberá haber también dos armarios para guardar los materiales y reactivos químicos.

12. LABORATORIO DE NIVEL 2 - REACTIVOS QUIMICOS

Los reactivos químicos se han determinado para un funcionamiento normal de laboratorio durante un año. Estos reactivos corresponden a las siguientes determinaciones:

- 1.500 mediciones de pH
- 250 determinaciones de sólidos sedimentables
- 250 DQO
- 500 determinaciones de cromo por el método de la sal de Mohr
- 250 determinaciones de sólidos suspendidos (SS)
- 250 sólidos totales (ST)
- 250 determinaciones de sulfuros por el método potenciométrico
- 250 oxígeno disuelto.

Los reactivos químicos necesarios son los siguientes:

- 24 soluciones tampón pH 4
- 24 soluciones tampón pH 7
- 24 soluciones tampón pH 10
- 250 g de sulfato de mercurio II (HgSO₄) en polvo
- 100 g de sulfato de plata (Ag₂SO₄) en polvo
- 35 litros de ácido sulfúrico concentrado (d₂₀°C = 1,83)
- 5 kg de sal de Mohr (FeSO₄ (NH₄)₂SO₄, 6 H₂O)
- 500 g de dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇)
- 700 ml de indicador de ferroína (1,10 fenantrolina monohidratada y FeSO₄, 7 H₂O)
- 6 litros de ácido perclórico (HClO₄ d₂₀°C = 1,615)
- 3 litros de ácido nítrico (HNO₃ d₂₀°C = 1,33)
- 300 filtros de fibra de vidrio calibrados de 47 mm de diámetro
- 150 g de nitrato de plata (AgNO₃)
- 5 litros de hidróxido de amonio (NH₄OH d₂₀°C = 0,9)
- 1 kg de cloruro de amonio (NH₄Cl)
- 150 g de ácido diamino 1-2 ciclohexano tetracético (CDTA)

13. LABORATORIO DE NIVEL 3 - MATERIAL NECESARIO

En este laboratorio se efectuarán las determinaciones siguientes:

- pH, sólidos sedimentables, DQO, cromo, sólidos suspendidos, sólidos totales, sulfuro, oxígeno disuelto, índice de Mohlman, NTK, DBO₅, calcio y cloruro.

El material de laboratorio necesario es el siguiente:

- un tomamuestra automático
- un medidor de caudal con registro
- un medidor de pH de laboratorio
- un electrodo de vidrio y un electrodo de calomel (KCL)
- vasos de precipitado de vidrio de 250 ml (12)
- un agitador magnético con calefacción, con cinco varillas ("buzos") recubiertas con teflón

- un cono Imhoff graduado de un litro, con soporte
- una balanza de precisión (1/10 de mg)
- matraces de 500 ml de cuello esmerilado (6)
- refrigerantes de agua o aire (6)
- 4 pipetas de precisión para cada volumen de 1, 5, 10, 20, 25 y 50 ml
- dos buretas de precisión de 25 ml
- un soporte de bureta con doble pinza
- calentadores eléctricos para matraces (6)
- matraces calibrados de 250 ml (6) con tapón
- matraces de 250 ml (6)
- perlas de vidrio
- un destilador para agua destilada de 4 litro/hora (3 kW)
- un depósito de reserva de 20 litros
- 50 m de tubo de PVC transparente de 10 mm de diámetro interior
- un refrigerador de 250 litros aproximadamente
- una trampa de vacío inoxidable con 10 m de tubo para vacío de 6 x 18 mm
- un aparato de filtración al vacío (matraz de 1 litro, soporte y junta)
- cápsulas de cuarzo (o bien de porcelana) de 50 ml (10)
- cápsulas de cuarzo (o bien de porcelana) de 190 ml (10)
- una estufa de 100 a 105°C, de 55 litros de capacidad
- un desecador de 200 mm de diámetro
- una mufla de 5 l que permita alcanzar 850°C
- un equipo para mediciones potenciométricas
- un electrodo de calomel lleno con solución saturada de K_2SO_4
- un electrodo específico de sulfuro
- dos probetas de 50 ml
- una sonda de medición polarográfica
- un termómetro de precisión
- un analizador de oxígeno graduado en ppm, mg/l, o en % de oxígeno
- matraces de vidrio de 100 ml (20)
- un aparato de destilación automática para el nitrógeno, Kjeldahl
- matraces de 300 ml (10)
- una rampa de mineralización con seis calentadores (calentamiento eléctrico)
- matraces de 500 ml (10)
- grasa siliconada
- un recipiente termostatzado a $20^\circ C \pm$ para DBO_5
- matraces de incubación con tapones esmerilados de 250 ml (100)
- matraces calibrados de 2.000(2), 1.000(5), 500(6) y 100 ml(10)
- un compresor de membrana (9 l/mm, 12 W) para saturar el agua destilada
- un electrodo de plata amalgamado con mercurio
- vasos de precipitado de vidrio de 150 ml (12)
- un electrodo de plata.

Estos materiales requieren una superficie de mesada de laboratorio de 16 m de largo y 0,85 m de ancho, con dos piletas, cuatro grifos de agua fría y dos grifos de agua caliente, diez tomas eléctricas monofásicas y dos tomas trifásicas. En el laboratorio, de una superficie total de 40 m², deberá haber también espacio bajo mesada para guardar los materiales y reactivos químicos.

14. LABORATORIO DE NIVEL 3 - REACTIVOS QUIMICOS

Los reactivos químicos se han determinado para un funcionamiento normal del laboratorio durante 6 meses. Estos reactivos corresponden a las siguientes determinaciones:

- 1.500 mediciones de pH
- 250 determinaciones de sólidos sedimentables
- 250 DQO
- 500 determinaciones de cromo por el método de sal de Mohr
- 250 determinaciones de sólidos suspendidos (SS)
- 250 sólidos totales (ST)
- 250 determinaciones de sulfuros por el método potenciométrico
- 250 oxígeno disuelto
- 125 índice de Mohlman
- 50 NTK
- 125 DBO₅
- 125 determinaciones de calcio por el método potenciométrico
- 50 determinaciones de cloruro.

Los reactivos químicos necesarios son los siguientes:

- 24 soluciones tampón pH 4
- 24 soluciones tampón pH 7
- 24 soluciones tampón pH 10
- 300 g de sulfato de mercurio II (HgSO_4) en polvo
- 100 g de sulfato de plata (Ag_2SO_4) en polvo
- 50 litros de ácido sulfúrico concentrado ($d_{20^\circ\text{C}} = 1,83$)
- 5 kg de sal de Mohr ($\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, 6\text{H}_2\text{O}$)
- 2 kg de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- 700 ml de indicador de ferroína (o-fenantrolina y $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$)
- 6 litros de ácido perclórico ($\text{HClO}_4, d_{20^\circ\text{C}} = 1,615$)
- 10 litros de ácido nítrico ($\text{HNO}_3, d_{20^\circ\text{C}} = 1,33$)
- 300 filtros de fibra de vidrio, calibrados, de 47 mm de diámetro
- 200 g de nitrato de plata (AgNO_3)
- 5 litros de hidróxido de amonio ($\text{NH}_4\text{OH}, d_{20^\circ\text{C}} = 0,9$)
- 2 kg de cloruro de amonio (NH_4Cl)
- 150 g de ácido diamino 1-2 ciclohexano tetracético (CDTA)
- 1 kg de sulfato de potasio (K_2SO_4)
- 50 g de catalizador de selenio
- 3 kg de hidróxido de sodio (NaOH)
- 500 g de ácido bórico (H_3BO_3)
- 100 g de rojo de metilo
- 25 g de verde de bromocresol
- 1 litro de etanol al 95%
- 1 kg de fosfatodisódico dihidratado ($\text{Na}_2\text{HPO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$)
- 1 kg de fosfato diácido de potasio (KH_2PO_4)
- 1 kg de sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$)
- 1 kg de cloruro de calcio (CaCl_2)
- 1 litro de cloruro férrico (FeCl_3) al 27,5%
- 250 g de mercurio purificado
- 1 litro de trietanolamina
- 1 litro de etanolamina
- 100 g de EDTA, sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético
- 250 g de carbonato de calcio (CaCO_3)
- 1 litro de ácido clorhídrico (HCl)

15. LABORATORIO DE NIVEL 4 - MATERIAL NECESARIO

Este laboratorio efectuará las determinaciones siguientes:

- sólidos sedimentables, DQO, cromo, sólidos suspendidos, sólidos totales, sulfuro, oxígeno disuelto, índice de Mohlman, NTK, DBO_5 , calcio, cloruro, fenoles, sulfatos, aluminio, hierro, fósforo y color.

El material de laboratorio necesario es el siguiente:

- un tomamuestra automático
- un medidor de caudal con registro
- un medidor de pH de laboratorio
- un electrodo de vidrio y un electrodo de calomel (KCl)
- vasos de precipitado de vidrio de 250 ml (12)
- un agitador magnético con calefacción, con cinco varillas ("buzos") recubiertas con teflón
- un cono Imhoff graduado de un litro, con soporte
- una balanza de precisión (1/10 de mg)
- matraces de 500 ml de cuello esmerilado (6)
- refrigerantes de agua o aire (6)
- 4 pipetas de precisión para cada volumen de 1, 5, 10, 20, 25 y 50 ml
- dos pipetas de precisión de 100 ml
- dos buretas de precisión de 25 ml
- un soporte de bureta con doble pinza
- calentadores eléctricos para matraces (6)
- matraces calibrados de 250 ml (6) con tapón
- matraces de 250 ml (6)
- perlas de vidrio
- un destilador para agua destilada de 4 litros/hora (3 kW)
- un depósito de reserva de 20 litros
- 50 m de tubo de PVC transparente de 10 mm de diámetro interior
- un refrigerador de 250 litros aproximadamente
- una trampa de vacío inoxidable con 10 m de tubo para vacío de 6 x 18 mm
- un aparato de filtración al vacío (matraz de 1 litro, soporte y junta)
- cápsulas de cuarzo (o bien de porcelana) de 50 ml (10)
- cápsulas de cuarzo (o bien de porcelana) de 190 ml (10)
- una estufa de 100 a 105°C, de 55 litros de capacidad
- un desecador de 200 mm de diámetro
- una mufla de 5 l que permita alcanzar 850°C
- un equipo para mediciones potenciométricas
- un electrodo de calomel lleno con solución saturada de K_2SO_4
- un electrodo específico de sulfuro
- dos probetas de 50 ml
- una sonda de medición polarográfica
- un termómetro de precisión
- un analizador de oxígeno graduado en ppm, mg/l, o en % de oxígeno
- vasos de precipitado de vidrio de 100 ml (20)
- un aparato de destilación automática para el nitrógeno, Kjeldahl
- matraces de 300 ml (10)
- una rampa de mineralización con seis calentadores (calentamiento eléctrico)
- matraces de 500 ml (10)
- grasa siliconada
- un recipiente termostatizado a $20^\circ\text{C} \pm 1$ para DBO_5
- matraces de incubación con tapones esmerilados de 250 ml (100)
- matraces calibrados de 2.000(2), 1.000(5), 500(6) y 100 ml(10)

- un compresor de membrana (9 l/mm, 12 W) para saturar el agua de dilución
- un electrodo de plata amalgamado con mercurio
- vasos de precipitado de vidrio de 150 ml (12)
- un electrodo de plata
- matraces calibrados de 25 ml (12)
- un espectrofotocolorímetro con accesorios
- ampollas de decantación de 250 ml (12)
- matraces calibrados de 200 ml (12)
- un aparato de destilación de vidrio con conexiones esmeriladas que incluya:
 - un matraz de tres cuellos de 500 ml
 - un embudo con llave de paso adaptable al matraz
 - un condensador
 - dos conexiones curvas
- matraces calibrados de 50 ml con tapón (20)
- una balanza de laboratorio con una precisión de 1/100 de g
- matraces de vidrio de 250 ml con cuello esmerilado (5)
- tubos colrimétricos de fondo plano de 50 ml (20)
- 2 probetas graduadas de 100 ml

Estos materiales requieren una superficie de mesada de laboratorio de 24 m de largo x 0,85 m de ancho, con dos piletas, cuatro grifos de agua fría y dos de agua caliente, 16 tomas eléctricas monofásicas y dos tomas trifásicas. En el laboratorio, de una superficie total de 60 m², habrá también espacio bajo mesada para guardar los materiales y reactivos químicos.

16. LABORATORIO DE NIVEL 4 - REACTIVOS QUIMICOS

Los reactivos químicos se han determinado para un funcionamiento normal del laboratorio durante seis meses. Estos reactivos corresponden a las siguientes determinaciones:

- 2.250 mediciones de pH
- 250 determinaciones de sólidos sedimentables
- 250 DQO
- 750 determinaciones de cromo por el método de sal de Mohr
- 250 determinaciones de sólidos suspendidos (SS)
- 250 sólidos totales (ST)
- 250 determinaciones de sulfuros por el método potenciométrico
- 375 oxígeno disuelto
- 125 índice de Mohlman
- 125 NTK
- 250 DBO₅
- 250 determinaciones de calcio por el método potenciométrico
- 125 determinaciones de cloruro
- 50 índices fenol
- 50 determinaciones de sulfato
- 125 determinaciones de aluminio
- 50 determinaciones de hierro
- 25 determinaciones de fósforo
- 25 mediciones de color

Los reactivos químicos necesarios son los siguientes:

- 36 soluciones tampón pH 4
- 36 soluciones tampón pH 7
- 36 soluciones tampón pH 10
- 300 g de sulfato de mercurio II (HgSO_4) en polvo
- 100 g de sulfato de plata (Ag_2SO_4) en polvo
- 60 litros de ácido sulfúrico concentrado ($d_{20^\circ\text{C}}: 1,83$)
- 6 kg de sal de Mohr ($\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, 6\text{H}_2\text{O}$)
- 2 kg de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- 800 ml de indicador ferroína (o-fenantrolina y $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$)
- 9 litros de ácido perclórico (HClO_4 , $d_{20^\circ\text{C}}: 1,615$)
- 13 litros de ácido nítrico (HNO_3 , $d_{20^\circ\text{C}}: 1,33$)
- 300 filtros de vidrio calibrados de 47 mm de diámetro
- 200 g de nitrato de plata (AgNO_3)
- 6 litros de hidróxido de amonio (NH_4OH , $d_{20^\circ\text{C}}: 0,9$)
- 2 kg de cloruro de amonio (NH_4Cl)
- 150 g de ácido diamino 1-2 ciclohexano tetracético (CDTA)
- 1 kg de sulfato de potasio (K_2SO_4)
- 100 g de catalizador de selenio
- 5 kg hidróxido de sodio (NaOH)
- 1 kg de ácido bórico (H_3BO_3)
- 200 g de rojo de metilo
- 25 g de verde de bromocresol
- 1 litro de etanol al 95%
- 1 kg de fosfato disódico dihidratado ($\text{Na}_2\text{HPO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$)
- 1 kg fosfato diácido de potasio (KH_2PO_4)
- 1 kg de sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$)
- 1 kg de cloruro de calcio (CaCl_2)
- 1 litro de cloruro férrico (FeCl_3 al 27,5%)
- 500 g de mercurio purificado
- 1 litro de trietanolamina
- 1 litro de etanolamina
- 200 g de EDTA, sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético
- 250 g de carbonato de calcio (CaCO_3)
- 2 litros de ácido clorhídrico (HCl)
- 1 kg de tartrato doble de potasio-sodio ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6, 4 \text{H}_2\text{O}$)
- 10 g de 4aminoantipirina (1-fenil-2-3-dimetil-4-amino-pirazolona-5)
- 250 g de ferricianuro de potasio ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$)
- 1 litro de ácido fosfórico (H_3PO_4)
- 2 litros de cloroformo (CHCl_3)
- 3 kg de cloruro de sodio (NaCl)
- 1 kg de fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)
- 1 kg de sulfato de sodio (Na_2SO_4)
- 1 litro de Tween 20
- 1 kg de cloruro de bario estabilizado (BaCl_2)
- 1 kg de hexametileno tetramina
- 100 g de anaranjado de xilenol
- 250 g de sulfato de zinc ($\text{ZnSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$)
- 100 g de persulfato de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)
- 250 g de clorhidrato de hidroxilamina (NH_2OH , HCl)
- 1 kg de acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$)
- 1 litro de ácido acético cristalizante (CH_3COOH)
- 15 g de clorhidrato de fenantrolina (1,10 $\text{C}_{12}\text{H}_9\text{ClN}_2\text{H}_2\text{O}$)
- 250 g de alambre de hierro no oxidado
- 250 g de ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)

- 500 g de tartrato de potasio y de antimonio ($K(SbO)C_4H_4O_6$, 0,5 H_2O)
- 100 g de heptamolibdato de amonio ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, 4 H_2O)
- 250 g de persulfato de sodio ($Na_2S_2O_8$)
- 100 g de cloruro de cobalto (II) hexahidratado ($CoCl_2$, 6 H_2O)
- 1 g de cloro platinato de potasio (K_2PtCl_6)

17. EVALUACION DE LOS MATERIALES Y REACTIVOS QUIMICOS NECFSARIOS

En el anexo 3 figura un ejemplo de instalación típica de laboratorio.

Las evaluaciones que figuran a continuación se han basado en el equipamiento y reactivos químicos disponibles en Europa. Los precios se indican en dólares EE.UU. sin impuestos (venta para la exportación).

En dólares EE.UU.

Nivel 1

- Evaluación del material:	8.500
- Reactivos químicos:	<u>1.200</u>
- Total:	9.700

Nivel 2

- Evaluación del material:	19.700
- Reactivos químicos:	<u>4.100</u>
- Total:	23.800

Nivel 3

- Evaluación del material:	36.800
- Reactivos químicos:	<u>5.600</u>
- Total:	42.400

Nivel 4

- Evaluación del material:	44.800
- Reactivos químicos:	<u>7.800</u>
- Total:	52.600

18. EVALUACION DE LAS NECESIDADES DE PERSONAL

En base a los análisis descritos en los diferentes niveles, las necesidades de personal del laboratorio pueden evaluarse en la forma siguiente:

- Nivel 1: 1 persona a media jornada
- Nivel 2: 1 persona a jornada completa
- Nivel 3: 1 persona a jornada completa y una persona a media jornada
- Nivel 4: 2 personas a jornada completa

La calificación del personal requerido corresponde a un diploma de técnico en química, es decir un nivel de estudios equivalente a un bachillerato profesional o a una licenciatura.

ANEXO I

ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL DE LABORATORIO

Agitador magnético con calefacción

- capacidad de agitación: 5 litros
- control de temperatura
- control continuo de la velocidad de 300 a 1.000 r.p.m.
- placa de 110 mm de diámetro
- temperatura máxima 350°C
- potencia 350W
- 5 varillas ("buzos") imantadas PTFE de 45x9 mm

Conexiones curvas para el destilador

- vidrio borosilicatado
- codo de 105°
- esmerilado macho y hembra 19/26

Ampollas de decantación de 250 ml

- vidrio borosilicatado
- forma de pera
- llave PTFE
- tapón esmerilado 24/29
- soporte de plato para dos ampollas con orificios de 65 mm, distancia entre ejes 200 mm, con vástago inoxidable de 12 mm

Analizador de oxígeno disuelto

- material portátil entregado con su caja
- rango de medición: 0-60 mg/l ó 0 a 600% de saturación
- precisión: 1%
- compensación automática de temperatura de 0 a 50°C
- compensación automática de presión de 800 a 1.080 mbars
- compensación automática de salinidad de 0 a 40%
- salida de registro de 10 meV por mg/l de oxígeno disuelto
- autonomía > 250 horas

Aparato de filtración al vacío

- embudo de 300 ml (embudo Buchner)
- soporte de filtración para filtros de papel de 47 mm de diámetro
- 7 juntas de caucho para el soporte
- matraz de 1 litro para filtración al vacío (kitasato)

Aparato de destilación para nitrógeno, Kjeldahl

- modelo semiautomático
- programación de la duración de destilación hasta 20 mn
- sensibilidad: 0,5 mg de nitrógeno
- alimentación por agua destilada
- determinación del hidróxido de sodio por botón pulsador
- compatible con todos los tipos de tubos
- reproductibilidad: 1%
- potencia eléctrica 1.800W

Balanza electrónica de laboratorio

- rango de pesada: 0-2.100 g
- rango de calibración sustractiva: 0-2.100 g
- precisión del indicador: 0,01 g
- linealidad: $\pm 0,02$ g
- protección eléctrica IP54
- menú de calibrado
- detector de estabilización
- amortiguador de vibración

Balanza electrónica de precisión

- rango de pesada: 0 a 109 g
- precisión: 0,1 mg
- rango de calibración sustractiva: 0 a 109 g
- tiempo de estabilización: 5 segundos
- cámara de pesada cerrada, accesible por ambos lados y por arriba
- potencia 10 W

Matraces de 250 ml de cuello esmerilado

- fondo redondo
- cuello corto
- esmerilado normalizado 24/29
- vidrio pyrex borosilicatado

Matraces de 500 ml de cuello esmerilado

- fondo redondo
- cuello corto
- esmerilado normalizado 24/29
- vidrio pyrex borosilicatado

Matraces Kjeldahl de 300 ml

- vidrio borosilicatado
- cuello de 38 mm de diámetro y 300 mm de largo
- fondo redondo

Matraz de tres cuellos de 500 ml

- vidrio borosilicatado
- 2 tubulares laterales con una inclinación de 30° y esmerilado 19/26
- cuello central esmerilado 29/32
- fondo redondo

Vasos de precipitado de vidrio de 150 ml

- vidrio pyrex de uso intensivo
- forma baja y 57 mm de diámetro aproximadamente
- bordes redondeados reforzados, con "pico vertedor"
- graduación doble

Vasos de precipitado de vidrio de 250 ml

- vidrio pyrex de uso intensivo
- forma baja de 68 mm de diámetro aproximadamente
- bordes redondeados reforzados, con "pico vertedor"
- graduación doble

Perlas de vidrio

- 4 mm de diámetro
- aproximadamente 1 kg

Recipiente de reserva de 20 litros

- polietileno de baja densidad
- boca grande
- tapón de polipropileno para cuello de rosca de 100 mm
- dos asas para su transporte

Bureta de precisión de 25 ml

- división: 0,05 ml
- graduación esmaltada a alta temperatura
- error <0,05 ml
- intervalo entre dos marcas >1 mm
- llave de paso PTFE

Cápsulas de cuarzo (o bien de porcelana)

- cuarzo translúcido
- volumen útil 50 y 190 ml
- forma esférica con pico y fondo semiplano

Equipo para determinaciones potenciométricas

- rango milivoltaje: de -1.600,0 a +1.600,0
- rango milivoltaje relativo: de -1.999,9 a +1.999,9
- resolución: 0,1 mV
- error relativo: $\pm 0,2$ mV
- calibración automática sobre 5 tampones
- 5 puntos de calibración en pH y concentración
- salida RS 232
- 2 entradas de electrodos
- compensación automática de temperatura
- indicación digital

Batería de calentadores eléctricos para matraces

- rampa de calentamiento eléctrico con seis calentadores
- matraces de 500 ml de capacidad
- regulación independiente de los seis calentadores
- regulación de temperatura hasta 450°C
- potencia eléctrica de 1.200 W
- testigos luminosos de tensión y calentamiento
- protección contra las proyecciones de ácido
- placas calentadoras intercambiables
- seis vástagos de roporte de 12,5 mm de diámetro

Compresor de membrana

- para aire exento de aceite
- caudal máximo 2 l/min
- presión de servicio: 0,4 bar
- potencia eléctrica: 12 W
- membrana de neopreno
- membrana y válvulas de recambio

Cono de Imhoff

- cantidad: 2
- volumen útil unitario: 1 litro
- nitrilo acrílico de poliestireno transparente
- soporte en polimetacrilato de metilo rígido para dos conos

Medidor-registrador portátil

- sistema de medición por sonda de burbujas
- adaptación a todo tipo de vertedero
- caja de poliéster estanco
- batería con cargador incorporado (autonomía de 2 semanas)
- registrador de tres curvas
- registrador de tres curvas
- entradas complementarias para otros dos parámetros (pH y temperaturas)
- conexión posible a un extractor de muestras
- datos recuperables en PC (ordenador personal)

Desecador

- diámetro 200 mm
- vidrio borosilicatado
- tapa de vidrio esmerilado plana con llave de 24/29
- disco de porcelana esmaltada de 185 mm de diámetro
- 1 kg de gel de sílice

Aparato para la destilación del agua

- aparato de destilación de vidrio borosilicatado
- caudal de agua destilada: 4 litros/hora
- potencia eléctrica: 3kW
- resistencia calentadora en acero inoxidable o cuarzo
- regulación automática de nivel y seguridad de sobrecalentamiento
- tubos plásticos de conexión a la toma de agua
- 5 litros de producto desincrustador
- 1 resistencia de repuesto

Electrodo de plata

- cabeza roscada
- vaina formada de una varilla de plata de 4 mm de diámetro
- cuerpo tubular de 10 mm de diámetro y 120 mm de longitud
- cable de conexión de 1,5 m

Electrodo de referencia

- electrodo de referencia de calomel (KCl saturado)
- longitud 120 mm
- rango de medición 0 - 14 pH
- temperatura de utilización: 0 - 60°C
- longitud de cable: 1 m
- 250 ml de solución saturada de KCl

Electrodo específico de sulfuro

- rango de pH: 11 a 14
- monocristal de sulfuro de plata
- rango de respuesta: 1 a 10^{-10} M

Electrodo de vidrio

- electrodo estándar de bulbo de 10 mm de diámetro
- longitud 120 mm
- rango de medición 0 - 14 pH
- longitud del cable: 1 m

Recipiente termostatzado para DBO₅

- volumen útil: 260 l
- temperatura regulable de 4 a 40°C por 1°C
- indicación de la temperatura LCD $\pm 0, 1^\circ\text{C}$
- ventilación radial 100 m³/h
- tomas eléctricas internas
- interior ABS
- 4 bandejas

Embudo con llave de paso

- vidrio borosilicatado
- forma cilíndrica
- volumen 100 ml
- macho inferior esmerilado 19/26

Probetas de 50 ml

- vidrio borosilicatado
- graduación esmaltada por 1 ml
- altura 260 mm aproximadamente
- pie hexagonal y pico vertedor

Probetas de 100 ml

- vidrio borosilicatado
- graduación esmaltada por 1 ml
- altura 260 mm aproximadamente
- pie hexagonal y pico vertedor

Matraces de 250 ml

- vidrio borosilicatado
- abertura grande sin pico de 45 mm de diámetro
- altura aproximada: 175 mm

Horno de calentamiento

- volumen interior: 55 litros
- rango de temperatura: ambiente +5°C -220°C
- regulación continua entre 60° y 220°C con termostato de seguridad
- precisión $\pm 1\%$
- potencia eléctrica: 600 W
- cámara interior de acero inoxidable
- aislamiento reforzado
- teletermómetro de 40° - 220°C
- número máximo de bandejas: 4
- convección natural de aire caliente

Matraces calibrados de 25 ml

- forma estándar
- vidrio borosilicatado
- aforo esmaltado al horno
- precisión 0,04 ml
- esmerilado 10/19
- tapón de polietileno

Matraces calibrados de 50 ml

- forma estándar
- vidrio borosilicatado
- aforo esmaltado al horno
- precisión 0,06 ml
- esmerilado 12/21
- tapón de polietileno

Matraces calibrados de 100 ml

- forma estándar
- vidrio borosilicatado
- aforo esmaltado al horno
- precisión 0,10 ml
- esmerilado 12/21
- tapón de polietileno

Matraces calibrados de 200 ml

- forma estándar
- vidrio borosilicatado
- aforo esmaltado al horno
- precisión 0,15 ml
- esmerilado 14/23
- tapón de polietileno

Matraces calibrados de 250 ml

- forma estándar
- vidrio borosilicatado
- aforo esmaltado al horno
- precisión 0,15 ml
- esmerilado 14/23
- tapón de polietileno

Matraces calibrados de 500 ml

- forma estándar
- vidrio borosilicatado
- aforo esmaltado al horno
- precisión 0,25 ml
- esmerilado 19/26
- tapón de polietileno

Matraces calibrados de 1.000 ml

- forma estándar
- vidrio borosilicatado
- aforo esmaltado al horno
- precisión 0,40 ml
- esmerilado 24/29
- tapón de polietileno

Matraces calibrados de 2.000 ml

- forma estándar
- vidrio de borosilicato
- aforo esmaltado al horno
- precisión 0,60 ml
- esmerilado 24/29
- tapón de polietileno

Matraces de incubación de 250 ml

- vidrio blanco de laboratorio
- cuello ancho de 60 mm
- tapón de vidrio esmerilado de forma esférica

Matraces de vidrio de 100 ml

- vidrio borosilicatado
- tapón de rosca de plástico fenólico
- junta de estanqueidad en PTFE

Mufla

- capacidad de carga: 5 litros
- temperatura máxima: 900°C
- regulación continua de temperatura
- precisión $\pm 0,5\%$
- potencia eléctrica: 1.800 W
- aislamiento de fibra cerámica
- seguridad con desconexión de la temperatura al abrir la puerta
- una bandeja intermedia de cerámica
- campana de evacuación de humos
- un elemento de calentamiento de repuesto

Medidor de pH de laboratorio

- rango de medición: 0-14 pH $\pm 0,01$ pH, 0-100°C $\pm 0,4$ °C
- compensación de temperatura automática y manual
- 3 soluciones tampón en memoria: 4-7-10
- calibrado automático
- indicación numérica por cristales líquidos
- cuadro de mandos provistos de teclas estancas
- con electrodo combinado de pH y sonda de temperatura

Pipetas de precisión

- pipetas aforadas calibradas
- vidrio borosilicatado
- volúmenes de 1, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 ml
- pera para tomas con pipeta, modelo para pipetas de 3,5 a 10 mm de diámetro

Tomamuestras portátil programable

- volumen de toma regulable de 5 a 100 ml (precisión $\pm 0,5$ ml)
- extracción regulable por interruptor automático o por control del aforo (tomas proporcionales al tiempo o al volumen)
- 24 matraces de polietileno de 1 litro
- extracción por bomba al vacío con purga a presión antes de la extracción
- posibilidad de puesta en marcha diferida durante 24 horas
- batería con cargador incorporado (autonomía para 1.000 muestras)
- juego de piezas de recambio
- batería de recambio
- juego de matraces de recambio

Rampa de mineralización eléctrica

- seis calentadores
- regulador separado por cada calentador
- para matraces de 300 ml
- potencia de 300 a 600 W
- con colector de humos y soporte

Refrigerante de agua

- longitud útil: 300 mm
- esmerilado normalizado 24/29 en la base
- vidrio borosilicatado

Refrigerante de agua para destilador

- longitud útil: 200 mm
- dos esmerilados normalizados 19/26
- vidrio borosilicatado

Refrigerador de 250 litros

- tipo doméstico
- cuba interior inoxidable
- 5 niveles para rejillas

Sonda de medición polarográfica

- con tres membranas de recambio
- electrolito y solución de limpieza del ánodo
- 1,5 m de cable
- tiempo de respuesta: 90% del valor en menos de 10 segundos

Espectrofotocolorímetro

- monocromador de red
- rango de longitud de onda: 330 - 900 nm
- precisión ± 2 nm
- banda pasante: ± 7 nm
- indicación numérica
- resolución 0,001 de densidad óptica
- cero automático
- fuente luminosa: lámpara de tungsteno halógena
- una lámpara de recambio
- detección por fotocélula
- modos absorbancia, transmitancia, concentración y cinética
- puerta de la cuba 10 mm
- 6 cubetas de vidrio con dos caras pulidas, ventanilla de 10 mm, altura 45 mm, con recorrido óptico de 10 mm \pm 0,01 mm

Soporte de buretas

- base de hierro fundido de 3 kg
- vástago de 800x12 mm de acero niquelado
- pinza para dos buretas para vástago de 12 mm
- con visor para evitar el error de paralaje

Termómetro de precisión

- rango de medición: de -2° a $+80^{\circ}\text{C}$
- divisiones: $0,2^{\circ}\text{C}$
- longitud aproximada: 400 mm

Trampa de vacío con inyección de agua

- acero inoxidable
- trampa de 3
- presión mínima de entrada: 1 bar
- caudal a 2 bars: 640 litros/hora

Tubos colorimétricos de 50 ml

- vidrio borosilicatado
- fondo plano
- dimensiones aproximadas: 22 x 200 mm
- tapón de rosca y junta PTFE
- soporte para tubo de 25 mm con 20 huecos (2x10)

Tubo de PVC transparente

- longitud de 50 m
- diámetro interior 10 mm

- - - - -

Anexo 2

PROVEEDORES DE MATERIALES DE LABORATORIO
(LISTA NO EXHAUSTIVA)

ALEMANIA

E. MERCK (Materiales y productos de laboratorio)
Frankfurter strasse, 250, Postfach 4119,
64287 DARMSTADT
Tel.: 49 06151/72-0 - Fax: 49 06151/72-2000 - Télex: 4193280

SCHOTT GERATE GMBH (Materiales y recipientes de vidrio de laboratorio)
Postfach 1130
HOFHEIM a. Ts.
Tel.: 49 06192/2091-0 - Fax: 49 06192/8086

BELGICA

HACH EUROPE SA (Materiales y productos de laboratorio)
Chaussée de Namur 1,
5150 FLORIFFOUX
Tel.: 32 81 44 53 81 - Fax: 32 81 44 13 00

BRASIL

GRUPO QUIMICA INDUSTRIAL LTDA. (Productos químicos de laboratorio)
Rua Jacuruta 826 - Penha
21020 RIO DE JANEIRO
Tel.: 55 021 280 9040 - Télex: 021 34091

MARTE BALANCAS E APARELHOS DE PRECISAO LTDA. (Balanzas electrónicas)
04301 Av. Miguel Estefuo, 752/766
SAO PAULO - SP
Télex: 011 34318 MBAP BR

TECHNOW INSTRUMENTOS CIENTIFICOS LTDA. (Materiales de laboratorio)

Avenida Dos Imares, 478,
CEP 04085 Indianapolis
SAO PAULO - SP
Tel.: 55 011 542 19 11

DINAMARCA

RADIOMETER ANALYTICAL A/S (Materiales de electroquímica)
KROGHOJVEJ 49,
2880 BAGSVAERD
Tel.: 45 31 69 63 11 - Fax: 45 44 49 00 11

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

EASTMAN CHEMICAL COMPANY (Productos químicos de laboratorio)
1001 Lee road
ROCHESTER NY 14652-3512
Tel.: 1 800 225 5352 - Fax: 1 800 879 4979

HACH Co (Materiales y productos químicos de laboratorio)
PO Box 389
LOVELAND CO 80539
Tel.: 1 800 227 4224 / 1 303 669 3050 - Fax: 1 303 669 2932

ORION RESEARCH INC (Materiales de electroquímica)
529 Main Street, the Schrafft Ctr.
BOSTON MA 02129
Tel.: 1 617 242 3900 / 1 800 225 1480 - Fax: 1 617 242 8594

ESTONIA

WATER TREATMENT PLANT/LABORATORY (Materiales de laboratorio)
Jarvevana Tee 3
200001 TALLINN
Tel.: 372 557 850 - Fax: 372 22 556 973

FRANCIA

BIOBLOCK SCIENTIFIC (Materiales de laboratorio)
Parc d'innovation - BP 11
67403 ILLKIRCH Cedex
Tel.: 33 88 67 14 14 - Fax: 33 88 67 11 68

OMNIUM SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL (Materiales y productos químicos)
141 rue de Javel
75739 PARIS Cedex 15
Tel.: 33 1 45 54 97 31 - Fax: 33 1 45 54 26 28

PROLABO (Materiales y productos químicos de laboratorio)
12 rue Pelée
75011 PARIS
Tel.: 33 1 48 07 38 00 - Fax: 33 1 43 55 28 50

ROUCAIRE SA (Materiales de laboratorio)
20 Avenue de l'Europe, BP 65,
78143 VELIZY-VILLACOUBLAY Cedex
Tel.: 33 1 39 46 96 33 - Fax: 33 1 30 70 87 20

INDIA

SATYAJIT ENGINEERING INDUSTRIES PVT LTD (Balanzas electrónicas)
SDF Building, Salt Lake Electronics Complex,
Salt Lake City
CALCUTTA - 700 091
Tel.: 091 33 35 83 02/36 44 06/37 23 78 - Télex: 212 468 SULA IN

SYSTRONICS (Materiales de electroquímica)
8°-92 Industrial area
NARODA - 382 330
AHMEDABAD
Tel.: 091 272 81 32 17/81 34 17 - Télex: 121 386 SYS IN

THERELEK FURNACES PRIVATE LTD (Hornos y estufas)
137 Mody street, 3rd floor, Fort
BOMBAY - 400 001
Tel.: 091 22 261 53 59/261 18 44 - Fax: 091 22 287 26 40

SUIZA

METROHM LTD (Materiales de electroquímica)
9101 HERISAU
Tel.: 41 71 53 85 85 - Fax: 41 71 53 89 01

METTLER-TOLEDO (Balanzas electrónicas)
8606 GREIFENSEE
Tel.: 41 19 44 22 11 - Fax 41 19 44 30 40

ZIMBABWE

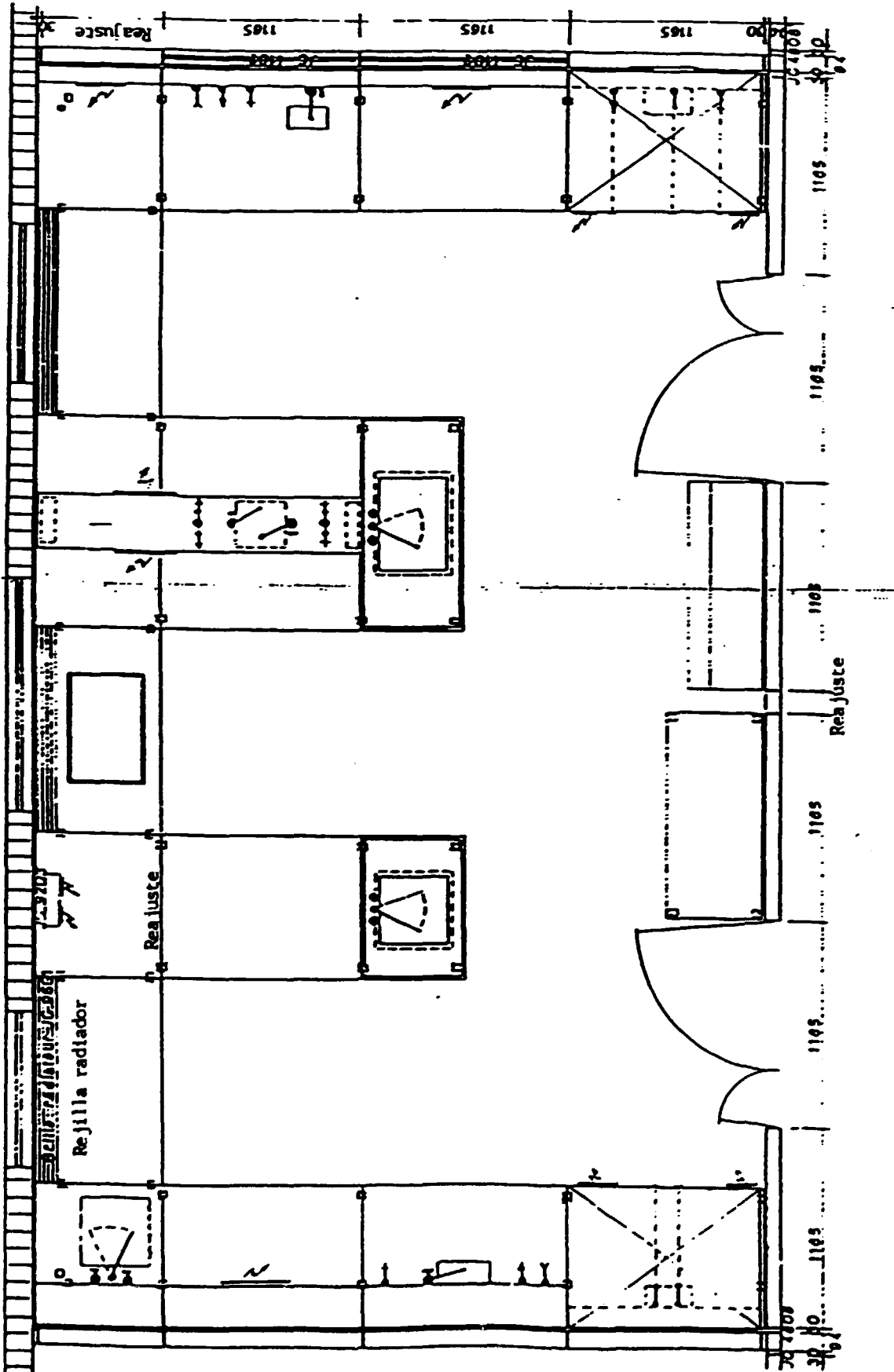
GLASS BLOWING INDUSTRIES LTD (Recipientes de vidrio para laboratorio)
8 George Ave.
Msasa, PO Box AY 275 Amby
HARARE
Tel.: 263 4 45674 - Fax: 263 4 48196

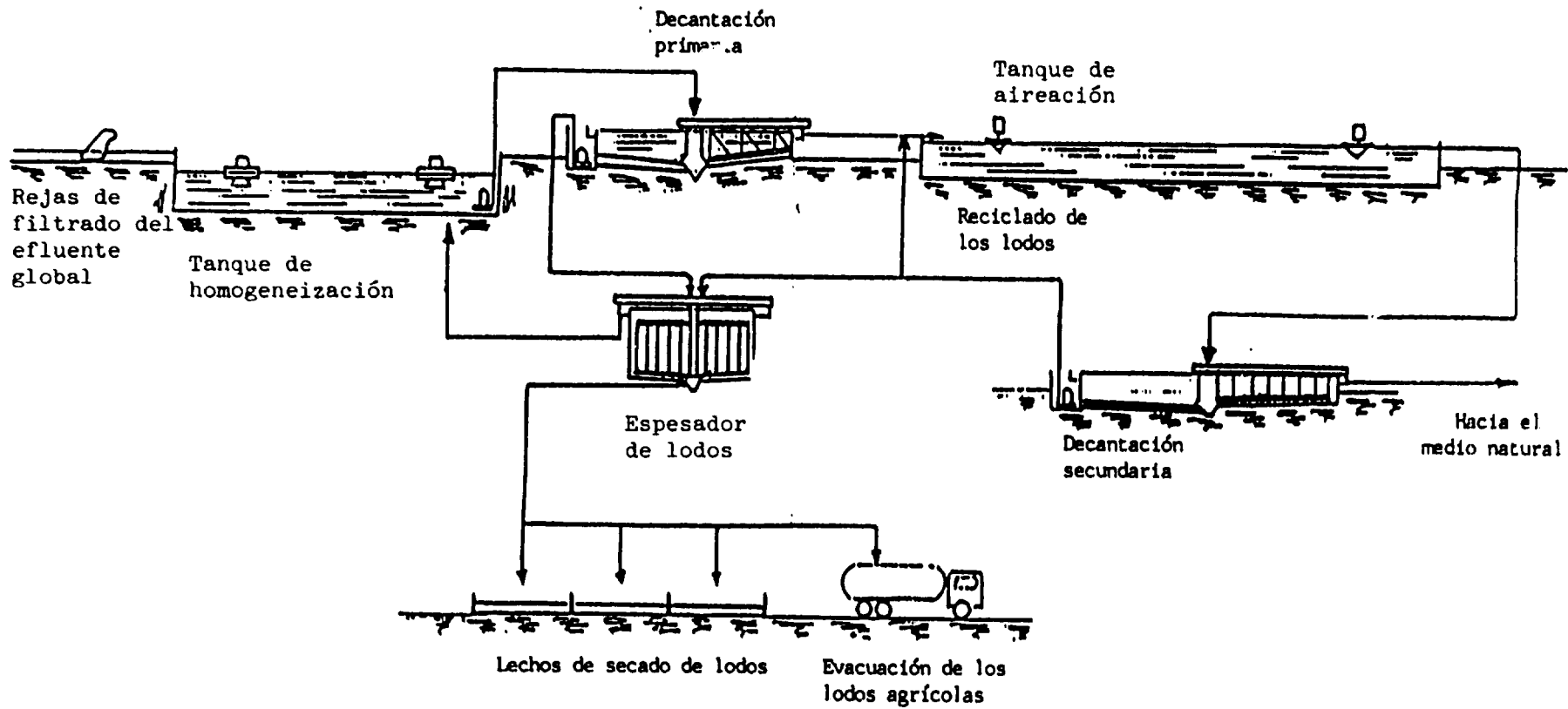
PHILIPS ELECTRICAL PVT LTD (Aparatos de electroquímica)
PO Box 994
HARARE
Tel.: 263 9 47211 - Fax: 263 9 47966

- - - - -

ANEXO 3

EJEMPLO DE INSTALACION TIPICA DE UN LABORATORIO Y SUS TABIQUES

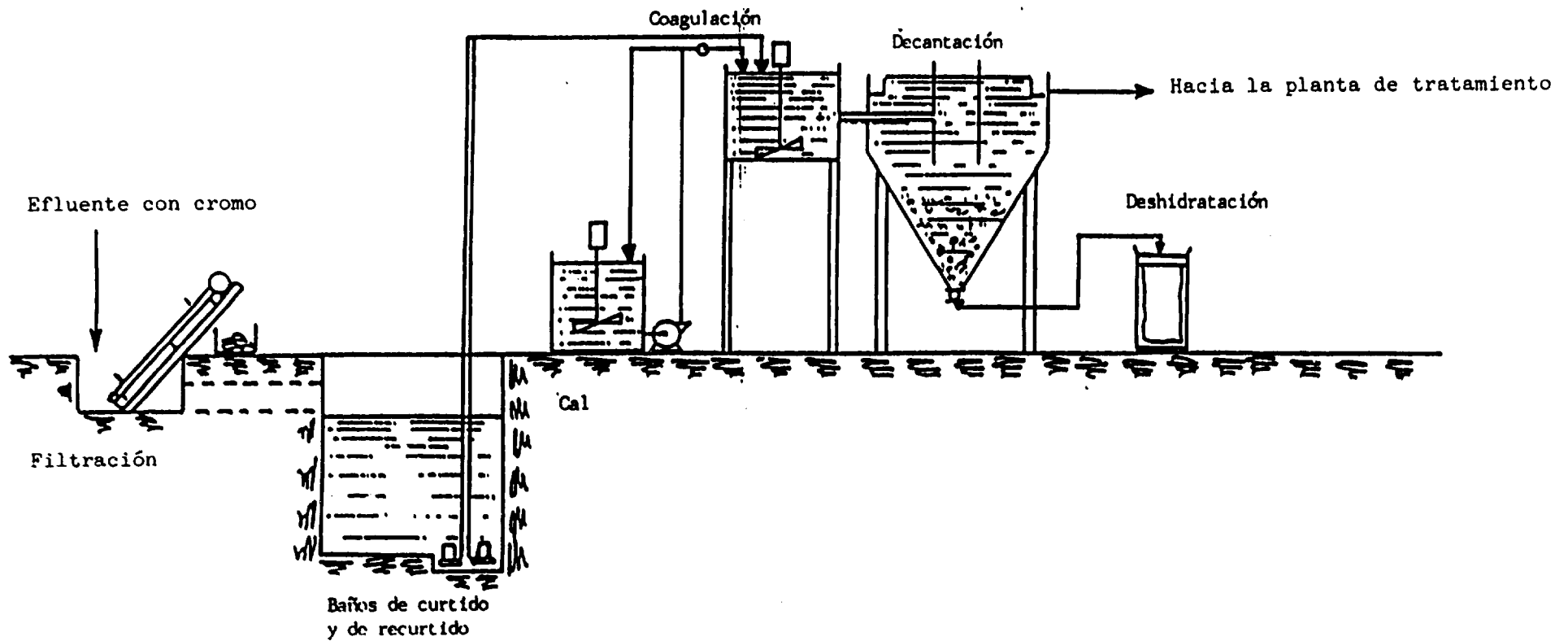




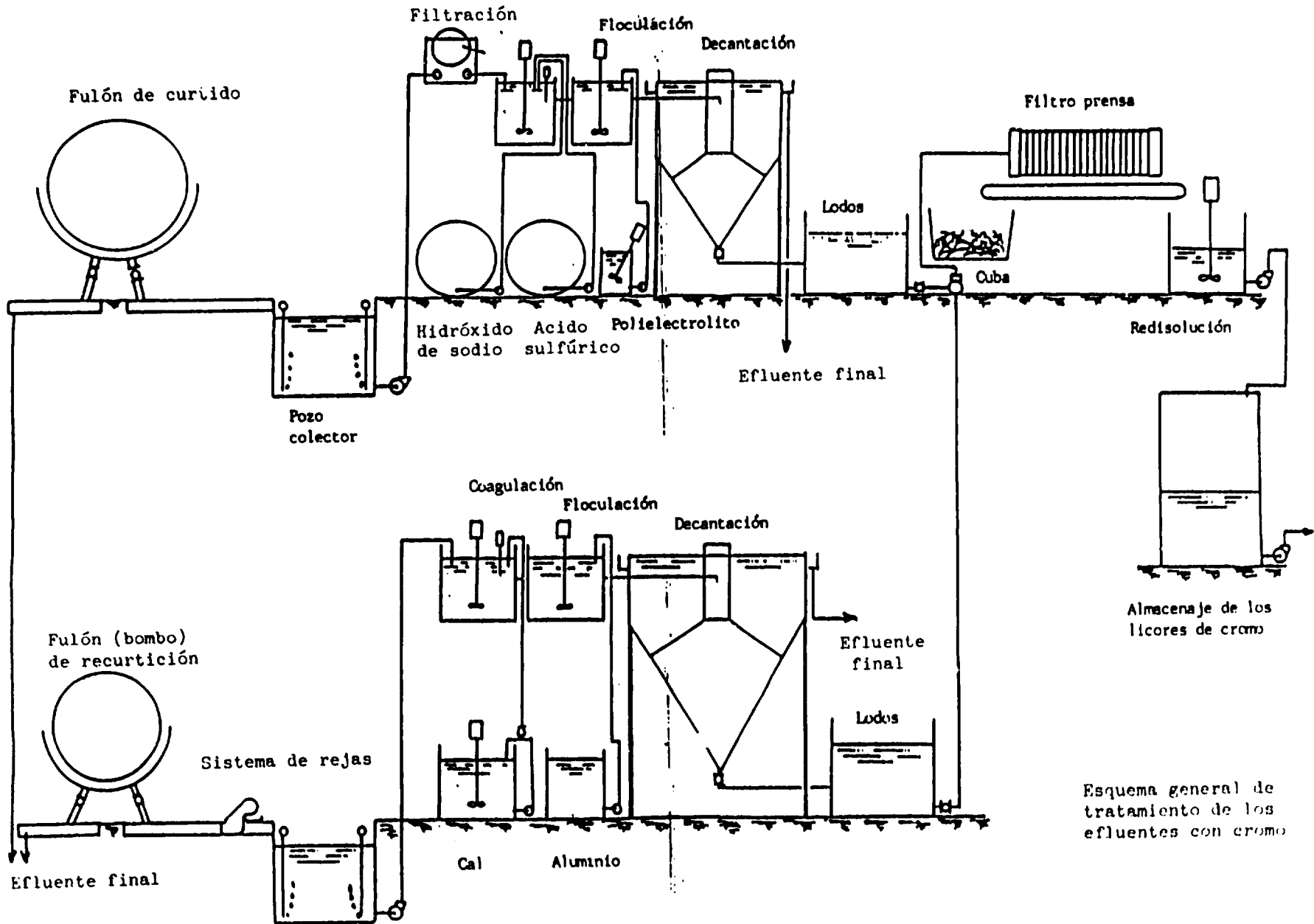
ANEXO 4
ESQUEMA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO

ESQUEMA GENERAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LIQUIDOS CONTENIENDO CROMO



NEUTRALIZACIÓN



Esquema general de tratamiento de los efluentes con cromo

GLOSARIO

Nitrógeno global

Es la suma del nitrógeno amoniacal, del nitrógeno orgánico y de las formas oxidadas del nitrógeno: nitritos y nitratos.

Nitrógeno total Kjeldahl

Es la suma del nitrógeno amoniacal y del nitrógeno orgánico.

Lodos activados

Son los lodos floculados o en vías de floculación, que se forman durante la aireación de las aguas residuales. Debido a los microorganismos que contienen, estos lodos son capaces de mineralizar las materias orgánicas presentes en el agua que se trata de depurar.

DBO₅

La demanda bioquímica de oxígeno medida durante un período de cinco días constituye la determinación analítica de la cantidad de oxígeno necesario para degradar las materias orgánicas de un efluente.

DQO

La demanda química de oxígeno es la determinación analítica de la cantidad de oxígeno consumido químicamente por la oxidación de las materias orgánicas y de ciertas materias minerales de un efluente.

Materias oxidables, MO

Son las materias oxidables determinadas a la vez por la DBO y por la DQO.

SS

Los sólidos en suspensión son las sustancias sólidas de diversa naturaleza en suspensión en un líquido y susceptibles de ser separadas de éste por filtración o centrifugado.

Oxígeno disuelto

Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. La proporción de oxígeno disuelto varía en función de la temperatura, de la salinidad, etc.

pH

El pH o potencial hidrógeno indica el carácter ácido (para valores inferiores a 7) o básico (para valores comprendidos entre 7 y 14) de una solución. Se define como el cologaritmo de la concentración de los iones hidrógeno.

Fósforo total

Es la suma de las diferentes formas de fósforo, oxidadas o reducidas, minerales u orgánicas.

Sólidos totales (ST)

Es la cantidad de sustancias sólidas totales presentes en un efluente después de su evaporación a 105°C.