

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

EL PROBLEMA DE LOS DESECHOS LIQUIDOS EN
LA INDUSTRIA LOCAL, CON ENFASIS EN EL pH
- ESTUDIO DE CASO -

TESIS DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO SANITARIO

ANA MARIA HERRERA CARRANZA
JULIO CESAR MOORE GUZMAN

MAYO - 92

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas, empresas e instituciones que han hecho posible la realización del presente trabajo; pero sobretodo a Dios, quien en todo momento está con nosotros y orienta nuestros pasos.

DEDICADO

A nuestros queridos padres,
quienes son el apoyo constante
de nuestras vidas.

CONTENIDO

Introducción

Objetivo

1. Conceptos generales.....	1
2. Principales actividades industriales.....	6
3. Principales características de las actividades industriales registradas en Lima y Callao.....	10
4. Problemas ocasionados por las diferentes carac- terísticas de los residuos líquidos industriales.....	14
5. Legislación vigente sobre desechos líquidos industriales.....	22
6. Resultados de las características de los resi- duos líquidos industriales de las actividades registradas en Lima y Callao.....	29
7. Importancia del pH en comparación con los otros parámetros básicos.....	46
8. Selección de las principales actividades industriales que generan compuestos ácidos y/o alcalinos.....	49
9. Descripción general del proceso de producción industrial del grupo seleccionado.....	53
10. Tratamientos convencionales de neutralización.....	83
11. Evaluación de un sistema de neutralización.....	88

11.1	Características de la industria.....	89
	- Información general.	
	- Materias primas.	
	- Productos elaborados.	
	- Diagrama de elaboración de productos.	
	- Consumo de agua.	
	- Efluente industrial.	
11.2	Producción de desechos líquidos.....	90
11.3	Tratamiento de desechos.....	92
	- Descripción del sistema de neutralización.	
11.4	Evaluación del sistema de neutralización.....	94
	- Diagnóstico general de funcionamiento del sistema.	
	- Metodología de evaluación.	
	- Puntos de muestreo.	
	- Determinaciones a realizarse.	
	- Resultados obtenidos.	
	- Interpretación de resultados.	
	- Propuesta de mejoramiento del sistema.	
12.	Conclusiones y recomendaciones.....	108
13.	Anexos.	
14.	Bibliografía.	

RELACION DE CUADROS

<u>Nro.</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>Paq.</u>
2.1.	SECTOR 3 DE LA CIIU: FABRIL TOTAL.....	8
3.1.	CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LA INDUSTRIA LOCAL (SEDAPAL).....	12
3.2.	NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES E INDUSTRIALES CON DESECHOS LIQUIDOS REGISTRADOS POR SEDAPAL.....	13
6.1.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS POR SEDAPAL.....	30
6.8.	CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS DES- CARGADOS POR LA INDUSTRIA LOCAL A LOS COLECTORES.....	40
11.1.	RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACION.....	97



RELACION DE GRAFICOS

Nro.	DESCRIPCION	Pag.
6.1..%	DE MUESTRAS EXCEDIDAS RESPECTO AL LIMITE MAXIMO POR ACTIVIDAD INDUSTRIAL- TEMPERATURA....	36
6.2..%	DE MUESTRAS EXCEDIDAS RESPECTO AL LIMITE MAXIMO POR ACTIVIDAD INDUSTRIAL - pH.....	37
6.3..%	DE MUESTRAS EXCEDIDAS RESPECTO AL LIMITE MAXIMO POR ACTIVIDAD INDUSTRIAL - S.S.S.....	37
6.4..%	DE MUESTRAS EXCEDIDAS RESPECTO AL LIMITE MAXIMO POR ACTIVIDAD INDUSTRIAL -GRASAS.....	38
6.5..%	DE MUESTRAS EXCEDIDAS RESPECTO AL LIMITE MAXIMO POR ACTIVIDAD INDUSTRIAL - D.B.O.....	38
6.6..%	DE MUESTRAS EXCEDIDAS DEL LIMITE MAXIMO POR PARAMETRO, CON RESPECTO AL TOTAL DE MUESTRAS REALIZADAS.....	39
6.7..%	DE MUESTRAS EXCEDIDAS DEL LIMITE MAXIMO POR PARAMETRO, RESPECTO AL TOTAL DE INDUSTRIAS CON PROBLEMAS EN ESOS PARAMETROS.....	39
8.1..	ESQUEMATIZACION DE DATOS PARA EL SELECCIONAMIENTO DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS CON PROBLEMAS DE pH EN SUS RESIDUOS LIQUIDOS.....	51
9.1..	PROCESO DE PREPARACION DE LA CERVEZA.....	58
9.2..	PROCESO DE PREPARACION DE BEBIDAS GASEOSAS.....	61
9.3..	PROCESO DE FABRICACION DE TEJIDOS DE ALGODON....	66
9.4..	PROCESO DE FABRICACION DE TEXTILES DE LANA.....	71
9.5..	PROCESO DE ACABADO DE METALES.....	75
9.6..	PROCESO DEL CURTIDO DE CUEROS.....	82
11.1..	DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS RELATIVAS PORCENTUALES DE LOS VALORES DE pH OBTENIDOS EN LA EVALUACION.....	101
11.2..	DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PORCENTUALES DE LOS VALORES DE pH OBTENIDOS EN LA EVALUACION.....	101

INTRODUCCION

La industria es una actividad de importancia para un país, pues genera beneficios económicos y desarrollo tanto al país como a la región donde se ubica. Sin embargo, la industrialización también trae consigo efectos secundarios perjudiciales por las características complejas de sus aguas residuales, siendo las principales la contaminación de los cuerpos receptores, el deterioro de las estructuras de las alcantarillas públicas que los reciben y en algunos casos el deterioro del ambiente que lo rodea.

Por esto, el manejo de las aguas residuales industriales debe obedecer a una política integral para que las soluciones sean económicas y enmarcadas en un plano de desarrollo; se deben involucrar aspectos de impacto ambiental, legislación apropiada, adecuadas estructuras de vigilancia, investigación; concientización y educación pública, entre otros.

Felizmente, durante las últimas décadas, se ha venido despertando un gran interés e inquietud por analizar y tratar de resolver con una dedicación que cada día demanda más atención, una serie de problemas relacionados con el deterioro del medio ambiente.

Los desechos líquidos industriales excesivamente ácidos o alcalinos, no deben descargarse sin tratamiento al alcantarillado público o a corrientes receptoras, pues ocasionan una serie de situaciones perjudiciales en éstos.

El tratamiento recomendado para desajustes de pH, es la neutralización, que no implica necesariamente convertir el pH del desecho a neutro. En términos generales, la neutralización se refiere a un ajuste de pH.

Entre los métodos empleados para la neutralización, los más comunes son: mezcla de vertidos o utilización de agentes químicos.

Este trabajo desea presentar en primer lugar, los tipos de industria y las principales características de sus desechos. Luego se indican los problemas generados por las características de los desechos para darnos cuenta de la gravedad de las consecuencias de vertido de ellos.

De la misma manera, para tener conocimiento de las normas que regulan las descargas líquidas industriales se ha creído conveniente dar a conocer el Reglamento de Desagues Industriales. Además, ya que en Lima se localizan los mayores núcleos industriales por ser la región económica más importante del país, mencionaremos el estado general de los parámetros básicos de estas actividades registradas, cuyos desechos líquidos son descargados a los colectores públicos. Luego, entrando propiamente a lo que se refiere a pH, se hará una selección de las principales industrias generadoras de los compuestos ácidos o alcalinos; indicando además, el proceso de producción de sus productos y el, o los, procesos en los cuales se generan estos desechos.

Finalmente, se hace una breve descripción de los tratamientos convencionales de neutralización y una evaluación de uno de ellos usado en nuestro medio.

Con este trabajo hemos querido juntar la poca y dispersa información sobre este tema para un mejor entendimiento de los problemas generados por la industrialización.

Por lo tanto, si bien es cierto la industria trae consigo múltiples beneficios económicos, también trae consigo problemas de contaminación los que deben ser controlados mediante tratamientos; los costos de ambos aspectos deben ser permanentemente sopesados para no llegar algún día a causar un daño permanente al ambiente en que vivimos nosotros y nuestras familias.

OBJETIVO

Conocer el estado situacional de las industrias de Lima y Callao en cuanto a pH y los principales parámetros de medición de los residuos líquidos industriales.

Mostrar el proceso de producción de las principales actividades industriales generadoras de residuos ácidos y/o alcalinos.

Evaluar un sistema de neutralización usado en nuestro medio.

1. CONCEPTOS GENERALES

El agua es un elemento esencial para muchas industrias, sin embargo, raras veces se incorpora en el producto terminado una cantidad significativa, y en consecuencia, la mayor parte del agua utilizada por establecimientos industriales se descargará como desecho líquido.

Antes del desarrollo del presente trabajo es necesario tener claros conceptos de la terminología empleada para el mejor entendimiento del mismo.

Contaminación

El término contaminación se refiere a la introducción en el ambiente (aire, agua o suelo) de contaminantes cuyas cantidades, características y duración pueden resultar dañinas a la vida del hombre, animales o plantas; además de ocasionar una alteración de su calidad que perjudique alguno de sus usos actuales o previstos.

Desecho Líquido Industrial

Es cualquier desecho líquido que resulta como consecuencia de un proceso industrial o comercial o de los procesos de extracción, transformación o recuperación de cualquier recurso natural. La calidad de este desecho líquido, en casi todas las oportunidades, difiere de la calidad del agua de abastecimiento recibida y usada en los distintos procesos

Es importante tener una definición clara de cuando un residuo líquido industrial es contaminante, porque no todos los efluentes líquidos de una industria son residuos que contaminan masas de agua. Por ejemplo, el agua que se usa en enfriamiento o aire acondicionado, a la cual no se le han agregado sustancias nocivas, o que no ha experimentado cambios físicos o químicos, puede no ser un residuo contaminante.

Consideraremos como residuo líquido industrial contaminante aquellos efluentes que contienen compuestos químicos o elementos biológicos, que produzcan en los cursos receptores condiciones inadecuadas para los usos definidos, o que contengan materias orgánicas, que al descomponerse en el curso, consuman el contenido de oxígeno hasta un grado que interfiera la calidad del mismo, destruya la vida acuática y sea fuente de situaciones desagradables para los vecinos residentes.

También se considerarán, como residuos líquidos industriales contaminantes, aquellos que contengan altas concentraciones de ácidos o álcalis que podrían atacar las estructuras construídas para su disposición.

En general, la gran mayoría de los residuos líquidos industriales son contaminantes, de manera que al hablar simplemente de ellos en este trabajo, estaremos considerando implícitamente, su efecto contaminador.

Origen de los Desechos Líquidos Industriales

Los usos principales que se les da a las aguas en la industria son los tres que aparecen a continuación:

1. Para cambiar la temperatura.- El agua se puede usar para calentar (en forma de vapor de agua caliente) o para enfriar.

Si se usa vapor condensado en contacto directo con el material procesado, quedará saturado con dicho material y puede ser altamente polucionante.

El agua que se usa en los sistemas indirectos de enfriamiento normalmente no está contaminada, pero siempre existe el riesgo de contaminación debido a filtraciones.

Los principales problemas relacionados con los efluentes de sistemas de enfriamiento y calentamiento son los que se presentan debido a temperaturas demasiado altas.

2. Como un medio de transporte.- El agua puede ser usada como un medio de transporte en diversos sentidos. Puede ser usada, por ejemplo, para remover el sucio de la ropa cuando se lava, o para remover los sedimentos de las botellas antes de llenarlas nuevamente. Se puede usar para lavar los suelos con manguera, llevándose así los residuos al desagüe, o para llevar las fibras de papel a fin de que formen una capa uniforme en el alambre de una máquina productora de papel.

Ciertas operaciones de procesamiento de alimentos usan una corriente de agua para llevar el producto y al mismo tiempo remover impurezas. La mayor parte de las aguas residuales se deben al uso del agua en esta forma, y el tipo de contaminación dependerá de la naturaleza de las sustancias con que ha estado en contacto el agua.

3. Como material de procesamiento.- La cantidad de agua que se usa en procesos químicos y que entra en reacción química con el producto es relativamente pequeña, pero el grado de contaminación en los efluentes de procesos químicos generalmente es grave. Los productos indeseables en una reacción química frecuentemente son removidos mezclando el producto con agua y en tales casos siempre existe el riesgo que parte del producto se escape durante el proceso de separación. Un sin número de materiales suspendidos y disueltos, emulsiones y variaciones de alcalinidad y acidez pueden ser encontrados en estos casos.

La cantidad de agua que se usa y el tipo de contaminación puede ser modificada por cambios en los procesos que se usan. La economía de algunos procesos puede depender en forma crítica del costo de la disposición del afluente.

Factor de contaminación

Es la cantidad de un contaminante o una combinación de contaminantes emitidos al ambiente por una industria (directa o indirectamente a través del alcantarillado) por unidad de materia prima consumida, dependiendo del tipo de industria o el método de cálculo para el factor de contaminación.

Carga de contaminación

El término carga de contaminación se refiere a la cantidad total de un contaminante o una combinación de contaminantes emitidos al ambiente (directa o indirectamente a través del alcantarillado) por una industria o grupo de industrias en un área dada durante un determinado período de tiempo.

Planta de tratamiento

Es el conjunto de estructuras, accesorios y equipos para tratar la aguas servidas y/o los desechos industriales.

Tratamiento previo

Es el tratamiento a que se debe someter a un desecho para que sea admitido al alcantarillado público según el concepto de la autoridad.

Alcantarillado

Es el conjunto de alcantarillas o instalaciones públicas necesarias para evacuar las aguas servidas al lugar o lugares de disposición.

Alcantarilla

Significa el conducto o tubo para recolectar y transportar aguas servidas o cualquier líquido de desecho incluyendo las aguas de lluvias y aguas de infiltración.

Polución

El término polución se refiere al contenido en el ambiente (aire, agua o suelo) de sustancias que alteran las características normales de un medio. Las sustancias polucionantes no necesariamente serán nefastas para la salud.

Otras definiciones se pueden encontrar en el Reglamento de Desagues Industriales (Anexo Nro. 4)

2. PRINCIPALES ACTIVIDADES INDUSTRIALES

Existe actualmente una gran variedad de actividades industriales manufactureras, donde cada una de ellas genera un residuo característico propio. Por ello es importante antes de determinar las cargas de contaminación industrial, contar con una clasificación que nos permita identificar una actividad industrial dentro de un sector de la industria, para evitar así generalizar un problema de contaminación a un sector. La clasificación Industrial Internacional Unificada (CIIU) es útil para este propósito.

2.1 Clasificación Industrial Internacional Unificada (CIIU)

Esta clasificación presenta las fuentes industriales y procesos que son considerados para la mayor parte de la contaminación industrial y las cargas de desecho en casi cualquier área de estudio. Además, esta clasificación facilita la extracción de datos de fuentes de información (privadas o gubernamentales) dado que la mayoría de los países utilizan estos sistemas de clasificación o similares para registrar datos de la actividad industrial.

La CIIU fue elaborada por el Instituto Interamericano de Estadística de la Organización de los Estados Americanos. Tuvo su origen en el reconocimiento de la necesidad de que las estadísticas económicas sean internacionalmente comparables.

Los índices tienen por objeto proporcionar a los países un instrumento útil de trabajo para:

- a) Clasificar las unidades estadísticas por actividad económica.
- b) Asegurar uniformidad en la interpretación de la estructura de las grandes divisiones, las agrupaciones y los grupos que integran la CIIU.
- c) Comparar las clasificaciones nacionales de actividades económicas con la CIIU.
- d) Promover la clasificación correcta de datos estadísticos nacionales de acuerdo con la CIIU, y
- e) Adaptar la CIIU a las necesidades de aquellas naciones donde no sea posible adaptarla para uso nacional.

La CIIU presenta en 10 sectores las diferentes actividades económicas, siendo el "Sector 3" el que involucra las actividades de la producción manufacturera. Esta clasificación está conformada por: divisiones, agrupaciones, grupos y subgrupos.

Ejemplo:

División	32	Ind. Textil, confecciones y cuero
Agrupación	323	Cueros y pieles
Grupo	3231	Curtiembre
Subgrupos	3231a	Curtido de cuero (con sales de cromo)
	3231b	Curtido de cuero (con agent.vegetales)
	3231c	Terminados de cuero solamente

Las divisiones y agrupaciones más importantes de la CIIU, se presentan en el Cuadro Nro. 2.1

CUADRO Nro. 2.1
SECTOR 3 DE LA CIIU: FABRIL TOTAL

Div.	Agrup.	Actividad
30	300	Industria de harina de pescado Harina de pescado
31	311 312 313 314	Industrias alimenticias, bebidas y tabaco Productos alimenticios, excepto bebidas Productos alimenticios diversos Industrias de bebidas Tabaco
32	321 322 323 324	Industria textil, confecciones y cuero Industria textil Industrias de prendas de vestir Cueros y pieles Industria de calzado de cuero
33	331	Industria Madera y mueblería Maderas, corcho, excepto muebles
34	341 342	Industria de papel, imprenta y editoriales Industria de papel y productos de papel Imprentas, editoriales y conexos
35	351 352 353 354 355 356	Ind. Química y prod. químicos derivados del petróleo, carbón, caucho y plástico Sustancias químicas industriales Productos químicos diversos Refinación del petróleo Fabricación de artículos diversos derivados del petróleo y del carbón Productos de caucho Productos plásticos
36	361 362 369	Industrias minerales no metálicas Objetos de loza y porcelana Industria del vidrio y productos de vidrio Artículos minerales no metálicos
37	371 372	Industrias metálicas básicas Industria básica de hierro y acero Industria básica de metales no ferrosos
38	381 382 383 384	Industrias metálicas y maquinarias Productos metálicos excepto maq. y equipos Construcción de máquinas excepto la elect. Maquinaria y equipos eléctricos Construcción de material de transporte
39	390	Industrias de manufacturas diversas Otras industrias manufactureras

Fuente: MICTI - Oficina Sectorial de Estadística

En el Anexo N^o 1 se presenta en forma más detallada la Clasificación Industrial Internacional Unificada.

2.2 Cargas de contaminación provenientes de efluentes industriales

Tomando como referencia la experiencia obtenida a partir de diversos estudios realizados y recopilados por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) de México, que nos muestra que en los países en desarrollo los problemas de contaminación industrial son recientes y sólo pocas industrias tienen sistemas de tratamiento de efluentes, excepto en los casos en que tales equipos forman parte del proceso industrial.

Así mismo nos indica que, cuando existen sistemas de tratamiento de efluentes, frecuentemente no funcionan con eficiencia óptima. Por lo tanto, la recopilación de los procesos industriales importantes que producen efluentes y la lista de los factores de carga de contaminación correspondientes presentados en el Anexo Nro. 2, están basados en la suposición de que no existen sistemas de tratamiento de efluentes.

3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES REGISTRADAS EN LIMA Y CALLAO

El Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), es la empresa administradora de los servicios de abastecimiento de agua y de la recolección y disposición de los desechos líquidos en Lima y Callao.

SEDAPAL con el fin de garantizar que las aguas de desecho no contengan compuestos que puedan dañar las redes de desagüe, la calidad de los cuerpos receptores y posibles plantas de tratamiento, cuenta con la Oficina de Control de Calidad.

La Oficina de Control de Calidad de SEDAPAL, tiene a su cargo el control de la calidad de los desechos líquidos industriales, garantizando el cumplimiento del Reglamento, que veremos mas adelante. Este control se ejerce principalmente, en 5 parámetros considerados básicos de los Desechos Líquidos Industriales, los cuales son: Temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Grasas, Sólidos y pH.

Esta Oficina ha clasificado diversas actividades entre las que podemos encontrar industriales, comerciales y de servicio de acuerdo a la regularidad de su control en tres grandes grupos, correspondiendo el primero al de control mensual (código 1), el segundo a un control trimestral (código 3) y el tercero a un control semestral (código 6). En el Cuadro Nro.3.1 , se presenta la clasificación de SEDAPAL comparada con la CIIU y las características más comunes de sus desechos líquidos según SEDAPAL.

Esta clasificación es muy práctica desde el punto de vista del control a las industrias, pero no solamente se debe ejercer control sino que se deben hacer análisis, estudios e investigación con los resultados obtenidos para crear nuevos modelos en el control de los desechos industriales que permitan mejorar el mismo. Por ello, se deberían registrar las industrias según la CIIU evitando la generalización, así por ejemplo: la clasificación "1F" (de SEDAPAL) involucra toda la industria del curtido del cuero a pesar que esta se realiza por dos procesos diferentes (curtido con sales de cromo y curtido con agentes vegetales) los cuales tienen características diferentes tanto en el proceso como en sus residuos.

SEDAPAL tiene registradas industrias y establecimientos, que son los que periódicamente de acuerdo a su clasificación son inspeccionados. Las industrias registradas son sólo una parte del total debido a la presencia de fábricas clandestinas. El número de establecimientos registrados por SEDAPAL, se presenta en el Cuadro 3.2 .

CUADRO 3.1: CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LA INDUSTRIA LOCAL (SEDAPAL)

CODIGO SEDAPAL	C. I. I. U	ESTABLECIMIENTOS	PRINCIPALES CARACTERISTICAS
1A	3114	ENVASADORAS DE PESCADO Y MARISCOS	SOLIDOS, TEMPERATURA, GRASAS Y DBO
1B	3111	CAMALES Y ENVASADORAS DE CARNE	SOLIDOS, TEMPERATURA, GRASAS Y DBO
1C	3115	REFINERIA DE ACEITES	TEMPERATURA, GRASAS, ALCALINIDAD Y SOLIDOS
1D	610, 620	MERCADOS Y CENTROS DE ABASTOS	SOLIDOS, GRASAS Y DBO
1E	3211a	TEXTILES CON LAVADO DE LANA CRUDA	SOLIDOS, GRASAS, TEMPERATURA, ALCALINIDAD Y DBO
1F	323	CURTIEMBRE	SOL, COLOIDES, SULFUROS, PIGMENTOS, Cr, DBO, ALCALIN
1G	631	CHIFAS Y RESTAURANTES	SOLIDOS, GRASAS Y DBO
1H	719	SERVICENTROS CON LAVADO Y ENGRASE	SOLIDOS, GRASAS Y ALCALINIDAD
3A	3112	ENVASADORAS DE LECHE Y DERIVADOS	SOLIDOS, GRASAS Y DBO
3B	3113	ENVASADORAS DE FRUTAS Y LEGUMBRES	SOLIDOS Y DBO
3C	3523	DETERGENTES Y JABONES	TEMPERATURA, GRASAS Y ALCALINIDAD
3D	361, 369	LOSETAS, MOSAICOS Y DERIVADOS	SOLIDOS Y ALCALINIDAD
3E	3840 , 3841 3843	GALVANOPLASTIA Y ENSAMBLADORAS	SOLIDOS, GRASAS, ALCALINIDAD, ACIDEZ Y METALES PESADOS
3F	3411	FAB. DE PAPEL Y CARTON	SOL, DQO, SULFITOS, MERCURIO, PIGMENTOS Y LATEX
3G	952	LAVANDERIAS	TEMPERATURA, ALCALINIDAD, SOLIDOS Y GRASAS
3H	632	BANOS PUBLICOS, HOTELES Y CLUBS	TEMPERATURA, GRASAS, SOLIDOS Y DBO
3I	933	HOSPITALES Y CLINICAS	SOL, GRASAS Y CONTAMINANTES BIOLOGICOS CONCENT.
6A	3131, 3133	CERVEZA Y BEBIDAS ALCOHOLICAS	DBO, SOLIDOS Y ALCALINIDAD
6B	3134	FABRICA DE BEBIDAS GASEOSAS	ALCALINIDAD, SOLIDOS Y DBO
6C	3211b, . . . h	TEXTIL TENIDOS Y ACABADOS	TEMP, PH, SOLIDOS, PIGMENTOS Y AGENTES REDOX
6D	3521	FABRICA DE PINTURAS Y DERIVADOS	SOL, DBO, ALCALIN., FENOLES, SOLVENTES Y PIGMENTOS
6E	362	FABRICA DE VIDRIOS Y ESPEJOS	SOLIDOS, GRASAS Y METALES PESADOS
6F	351, 353, 355, 356	IND. QUIMICA Y PETROQUIMICA	SOL, GRASAS, PH VARIABLE, FENOLES, HIDROCARBUROS Y DQO
6G	3522	LABORATORIOS FARMACEUTICOS	SOL, DQO, ALCALINIDAD Y AGENTES REDOX ORGANICOS
6H	3116, 3117 3119, 3121	FAB. DE ALIMENTOS DESHIDRATADOS	SOLIDOS, DBO, GRASAS Y COLORANTES

FUENTE : SEDAPAL

CUADRO 3.2

NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES E INDUSTRIALES
CON DESECHOS LIQUIDOS REGISTRADOS POR SEDAPAL

CLASIFIC SEDAPAL	TIPO DE ACTIVIDAD	Nro. de Estable
1A	Envasadora de pescados y mariscos	21
1B	Camales y envasadoras de carne	43
1C	Refinerías de aceites	12
1D	Mercados y centros de abastos	45
1E	Textiles con lavado de lana cruda	08
1F	Curtiembres	43
1G	Chifas y restaurantes	18
1H	Servicentros con lavado y engrase	57
3A	Envasadoras de leche y derivados	08
3B	Envasadoras de frutas y legumbres	12
3C	Fca. de detergentes y jabones	14
3D	Fca. de losetas, mosaicos y derivados	45
3E	Galvanoplastia y ensambladoras	123
3F	Fca. de papel y cartón	22
3G	Lavanderías	28
3H	Baños públicos, hoteles y clubs	87
8A	Fca. de cervezas y beb. alcoholicas	10
8B	Fca. de bebidas gaseosas	05
8C	Textil, teñidos y acados	134
8D	Fca. de pinturas y derivados	17
8E	Vidrios y espejos	08
8F	Ind. Química y Petroquímica	113
8G	Laboratorios farmaceuticos	55
8H	Fca. de alimentos deshidratados	58

TOTAL 965

4. PROBLEMAS OCASIONADOS POR LAS DIFERENTES CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS LIQUIDOS INDUSTRIALES

Las características de los residuos líquidos industriales que entran a la red de alcantarillado deberían ser tales que no causaran daños, ni alteraciones en:

- La red de alcantarillado que conduce las aguas residuales industriales.
- Las plantas de tratamiento
- Las personas que trabajan en la operación y mantenimiento del alcantarillado
- Los cuerpos receptores

Es posible que fuese necesario someter estos desechos a un tratamiento previo para asegurarse que así sea.

La red de alcantarillado es una de las que más sufre con las características inadecuadas de los desechos líquidos industriales, ya que la mayoría de las industrias lanzan en ellas sus residuos para su conducción a su disposición final. Muchos de los problemas que se presentan en las redes de alcantarillado se aplican igualmente a plantas de tratamiento de aguas residuales.

Las plantas de tratamiento necesitan atención regularmente y aunque los problemas de ventilación generalmente son mínimos, los hombres que operan las plantas no deben ser sometidos a riesgos innecesarios debido a la naturaleza de

las aguas residuales que están recibiendo tratamiento. Algunos procesos de tratamiento pueden causar turbulencia y siempre existe el peligro de salpicaduras accidentales.

Un factor a tomarse en cuenta, y que generalmente no es considerado es el factor humano; las personas que laboran en las inspecciones, operación y mantenimiento del sistema deben ser protegidas porque en algunos casos puede afectar su salud esta labor.

En cuanto a los cuerpos receptores, es necesario tomar en consideración el ambiente al cual se descargará el efluente y el lodo final. Si el efluente final va a ser descargado a un río o al mar las condiciones se regirán por la concentración de poluentes aceptables en el punto de descarga, los que se rigen por el grado de dilución de que se dispone y los niveles fijados para esa localidad. La función de los procesos de tratamiento de las aguas residuales es reducir la concentración de materias poluentes hasta el punto donde el efluente sea aceptable. Los procesos de tratamiento generalmente usados sólo remueven una proporción, aunque en algunos casos ésta es una proporción alta de la polución presente. Si las condiciones para el efluente final son severas, posiblemente las condiciones para la aceptación de aguas residuales industriales también serán severas si no se establecen disposiciones especiales para la remoción de sustancias críticas, esto es aquellas que son difíciles de remover o que posiblemente causen toxicidad en el efluente final.

Mencionaremos los posibles problemas a generarse, si no se controlaran debidamente los principales parámetros de control de los desechos líquidos industriales.

Temperatura.-

Es importante tener en cuenta la temperatura de los desechos por cuanto ellos afectan a la vida acuática y disminuyen las concentraciones de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua.

La mezcla de desechos a altas temperaturas con descargas que contengan productos combustibles, lubricantes e inflamables en los que se incluye estaciones de servicio para el expendio de combustibles, lavado y engrase de vehículos, fábricas de grasas vegetales; aumenta el peligro de explosiones e incendios en las alcantarillas.

En las personas que trabajan en el alcantarillado, las temperaturas mayores de alrededor de 40°C pueden causar quemaduras, facilitando además la evolución de vapores indeseables, mientras que el vapor efluente caliente puede restringir seriamente la visibilidad.

DBO.-

En las plantas de tratamiento, la descarga de un efluente con alto contenido orgánico, lógicamente aumentará la concentración de las aguas residuales recibidas en la planta de tratamiento y por lo tanto dicha planta deberá ser diseñada tomando en cuenta una carga biológica mayor. El tratamiento biológico se necesita para oxidar las materias orgánicas solubles y en emulsión que sean oxidables en las aguas residuales. La capacidad de la planta deberá estar de acuerdo con la carga máxima diaria de DBO.

Ciertas aguas residuales industriales afectarán adversamente las tasas de oxidación debido a que contienen muy pocas sales nutrientes y la mezcla de las aguas residuales domésticas e industriales está por debajo del nivel crítico.

El crecimiento de las bacterias que forman la mayor parte del lodo depende de la disponibilidad en cantidad suficiente de ciertos elementos nutrientes, de los cuales el nitrógeno y el fósforo son los más importantes. Ambos se encuentran disponibles en las aguas residuales domésticas, pero no en todas las aguas industriales. Si la mezcla de aguas residuales domésticas e industriales no contienen suficientes sales nutrientes, el lodo biológico que se forma seguramente contendrá una alta proporción de algas filamentosas y, en el caso del tratamiento de lodo activado, serán difíciles de sedimentar. Además dichas algas pueden causar dificultades en los filtros percoladores.

En este caso la situación se puede normalizar agregando los nutrientes necesarios, el costo de los cuales forma parte del costo de tratamiento de los efluentes industriales. Esta situación se puede producir sólo cuando el efluente industrial forma una alta proporción del gasto total.

Grasa.-

En la red de alcantarillado, la grasa puede causar grandes problemas, especialmente si se descarga caliente y luego se enfría y solidifica en la alcantarilla. Además, puede adherirse a las paredes del tubo y disminuir su capacidad de transporte.

Ciertos materiales, tales como aceites de alquitrán, pueden estar suspendidos en forma de emulsiones que se tornan inestables cuando las aguas residuales se mezclan con aguas negras. El material oleoso y alquitranoso puede entonces adherirse a las paredes de la alcantarilla.

La grasa se puede reducir a límites seguros por medio de trampas de grasa adecuados; sin embargo, ésta funcionará satisfactoriamente sólo si la grasa depositada es removida regularmente.

Sólidos sedimentables.-

En la red de alcantarillado, los desechos líquidos industriales no deben contener materiales que se depositen en el fondo y las paredes de la alcantarilla que eventualmente las obstruyen. Materiales granulados pesados, tales como: arena se sedimentarán en el fondo de la alcantarilla cuando los caudales sean reducidos. Aunque una gran parte es arrastrada cuando el caudal aumenta, el consecuente aumento de la arena que llega a las plantas de tratamiento durante los períodos de caudales máximos puede ser problemática.

En la planta de tratamiento, el efecto de un aumento repentino de grandes cantidades de aguas residuales industriales después de un período de caudales reducidos es acarrear los sólidos depositados en el colector lo que trae como consecuencia una sobrecarga de los equipos de remoción de arena y separación de sólidos y posiblemente la descarga de parte del caudal en los tanques niveladores de caudales máximos. Por lo tanto, la tasa máxima aceptable de gasto a la planta de tratamiento debería ser definida antes de aceptar la descarga.

La arena se puede reducir a límites seguros por medio de tanques de sedimentación. Sin embargo, estas funcionarán satisfactoriamente sólo si la arena depositada es removida regularmente.

Los equipos desarenadores y de separación también se pueden sobrecargar si los sólidos en las aguas residuales industriales son mucho mayores que los que normalmente se encuentran en las aguas residuales domésticas y, por lo tanto, también es necesario establecer el máximo de sólidos suspendidos que se puede aceptar.

pH.-

En la red de alcantarillado, es probable que ocurra corrosión química ayudada por acción mecánica como consecuencia de la presencia de ácidos; con el tiempo a través de la tubería corroída se va infiltrando la tierra del suelo, formándose de este modo cavernas entre la tubería y la pista; hasta llegar un momento que por el peso de los vehículos que transitan se produce el hundimiento de la vía.

Las descargas con compuestos alcalinos producen incrustaciones en las estructuras que los conducen; así, estas incrustaciones disminuyen el diámetro de las alcantarillas, reduciendo de este modo su capacidad de conducción lo que produce represamientos en los buzones y posteriormente aniegos en la vía pública.

El equipo de tratamiento de aguas residuales es tan susceptible a la corrosión como las redes de alcantarillado y en algunos casos aun más. Por lo tanto, las sustancias corrosivas deben ser excluidas hasta donde sea posible.

Además, es necesario el control del pH para: proteger la vida acuática; hacer más efectiva la operación de los sistemas biológicos dentro del rango óptimo (pH entre 6.5 y 8.5); proveer un pH neutro a las aguas de reciclaje ya sea que estas aguas se reincorporen nuevamente a los procesos industriales o que sirven para la alimentación de calderas.

En las personas que trabajan en el alcantarillado, dentro de las sustancias que pueden causar directamente condiciones peligrosas para ellos se incluyen los ácidos corrosivos tales como: sulfúrico, clorhídrico o nítrico, que atacan la piel si se encuentran presentes en cualquier concentración que no sea muy suave, y los alcalinos causticos, tales como la soda caustica, que tendrán el mismo efecto.

Material tóxico.-

En las personas que trabajan en la operación y mantenimiento del alcantarillado, las sustancias que pueden causar vapores peligrosos dentro de la alcantarilla, entre éstos están los líquidos inflamables, que también pueden ser tóxicos, tales como la bencina, tolueno y petróleo, etc., el vapor de los cuales puede causar incendios o explosiones.

Ciertas sustancias pueden reaccionar con otras que ya se encuentran en la alcantarilla y producir gases venenosos. Un ejemplo típico es la evolución del cianuro de hidrógeno, un gas extremadamente venenoso que se produce cuando una solución se acidifica. El cianuro de sodio se usa para endurecer el acero, y otros cianuros metálicos se pueden encontrar en los efluentes en plantas de electrodeposición. Tales sustancias deben ser excluidas del alcantarillado.

En las plantas de tratamiento, es probablemente donde los efectos del material tóxico de las aguas residuales industriales serán más notables. La presencia de algunos materiales tóxicos puede reducir la tasa de tratamiento biológico a tal punto que el efluente de una planta biológica es casi igual al afluente.

El efecto de sustancias tóxicas depende de la concentración. Las concentraciones muy bajas pueden ser aceptadas, pero a medida que aumenta la concentración de la sustancia tóxica el proceso biológico se torna progresivamente menos efectivo.

Muchas dificultades en la operación de una planta de tratamiento y en la disposición del efluente y lodos finales pueden ser causadas por la presencia de sustancias tóxicas. Las aguas residuales industriales son la mayor fuente de estas sustancias y la cantidad de material tóxico que entra

en la alcantarilla debería ser restringida en primer lugar fijando niveles realistas para la aceptación y luego asegurándose que dichos niveles sean respetados. El costo de controlar la aguas residuales industriales no es generalmente significativo en comparación con los daños que pueden ser causados por falta de tal control.

En el anexo Nro.3 se presentan fotografías de algunos problemas ocasionados por desechos ácidos o alcalinos.

5. LEGISLACION VIGENTE SOBRE DESECHOS **LIQUIDOS INDUSTRIALES**

Varios países y ciudades han expedido Reglamentos para el uso del alcantarillado, que presentan diversidad de criterios en la calidad de los desechos que aceptan, la flexibilidad del contenido del Reglamento, los medios para hacer el control, etc. dado que cada localidad afronta problemas similares y legisla para resolver sus problemas específicos.

Como hemos mencionado anteriormente, aunque las descargas líquidas industriales generalmente son heterogéneas en calidad y volumen, éstas presentan características y condiciones contaminantes que ocasionan diversos tipos de problemas; por ello es necesario tener normas que regulen su descarga, con este fin se elaboró el Reglamento de Desagües Industriales.

El propósito de este Reglamento, es proteger las redes de colectores, los cuerpos de agua receptores y posibles plantas de tratamiento. El Reglamento data del 29 de Noviembre de 1960, al aprobarse por Decreto Supremo Nro. 28/60 ASPL del Ministerio de Salud. El Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) es la autoridad encargada de su aplicación a nivel de Lima y Callao.

El Reglamento de Desagües Industriales se basa en el principio de que para controlar los intereses públicos en materia de desagües es menester establecer una reglamentación, que sea lo suficientemente concreta para ser interpretada fielmente; que la reglamentación sea llevada adelante por una Autoridad con amplia capacidad técnica y amplio respaldo legal; que la industria que en gran parte es la causante de los problemas investigados, acepte su responsabilidad sobre la base que es su derecho lanzar sus residuos industriales, pero con ciertas limitaciones en lo que se refiere a la cantidad y calidad de los residuos; y que es deber de todo aquel que utiliza un servicio público en forma más amplia que el promedio de los usuarios, pagar la parte proporcional de ese exceso en forma justa y ordenada, a fin de contribuir honestamente a mantener un servicio que es esencial no sólo para la salud pública en general, sino también para la industria en particular.

El Reglamento indica entre otras cosas, los límites normales de los desagües industriales, las normas para establecer las sobrecargas, los límites máximos de los residuos industriales admisibles en las redes, los residuos industriales no admisibles en las redes, así como penas y sanciones.

Entre los parámetros más importantes que este Reglamento establece, mencionaremos los siguientes:

Límites normales de desagües industriales (Sección 3)

D.B.O. en colectores domésticos: 250 ppm	(Art.301)
Promedio de volumen de desagüe: 250 lt de cap/día	(Art.302)

- Para los fines de esta Reglamentación, se calculará la Población Equivalente mediante la siguiente fórmula:

$$P.E. = \frac{\text{Volumen de deseg. (lt/día)} \times \text{DBO (mg/lt)}}{€2500} \quad (\text{Art.303})$$

- Sólidos sedimentables máximos en los líquidos cloacales: 8.5 ml/lt/h (Art.304)

Límites máximos de los Residuos Industriales
Admisibles en las redes (Sección 5)

- Temperatura : 35°C (Art.501)
- Grasas : 0.1 g/lt en peso (Art.502)
- Concentración de sust. inflamables con punto de ignición mayor a 90°C: 1 g/lt (Art.503)
- pH : 5.0 - 8.5 (Art.504)
- D.B.O. : 1000 ppm (Art.505)
- Sólidos Sedimentables : 8.5 ml/lt/h (Art.506)

Para mayor información, el Reglamento citado se presenta en el Anexo Nro. 4

El Reglamento además establece que ninguna industria puede lanzar un volumen y concentración combinados de residuos industriales que representen a una población equivalente mayor de 2000 personas sin pagar una sobretasa, pues éste es el límite tomado por el Reglamento para no sobrecargar la red pública de desagüe en volumen o carga orgánica. Las sobretasas y multas son actualizadas periódicamente por Resolución de Directorio de SEDAPAL.

Sin embargo, creemos que esta consideración se debe extender a otros parámetros para los cuales el Reglamento es muy restrictivo. Ejemplo: Artículo 606 - "No se aceptará el ingreso al desagüe de residuos corrosivos e incrustantes..") , fijándose sobretasas en base a estudios técnico-económicos que determinen los gastos de operación y mantenimiento ocasionados por las sobrecargas. Así por ejemplo, si la vida útil de una alcantarilla es de 50 años, esto significaría que la empresa encargada debe hacer el cambio respectivo una vez en 50 años; pero, si debido al desagüe corrosivo de un establecimiento se determina que la vida útil se ve reducida a la mitad, esto significaría que el cambio de la alcantarilla se haría 2 veces. Entonces, la sobretasa debe cubrir el cambio adicional.

En el caso de un sistema de neutralización de desechos alcalinos que puede llevar el pH de 12 a 9.2 y no a 8.5 como lo determina la norma, esta diferencia bien la puede admitir la red pública con el pago de una sobretasa que cubra las consecuencias que pueda ocasionar esta sobrecarga.

Además del Reglamento de Desagues Industriales, que es específico para el tema que se está tratando; también está en vigencia el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, este Código pretende darle un marco ético, conceptual y jurídico a la legislación vigente de relevancia ambiental.

Mencionaremos algunos aspectos presentes en este Código que guardan relación con el tema desarrollado.

En lo que se refiere a los lineamientos de la Política Ambiental (Cap. I), se indica que se debe observar fundamentalmente el principio de la prevención; no limitándose a la restauración de daños, ni a la defensa contra peligros

inminentes. Además se señala que las acciones de control de la contaminación ambiental, deben ser realizadas principalmente en las fuentes emisoras y que los costos de la prevención, vigilancia, recuperación y compensación del deterioro ambiental corren a cargo del causante del perjuicio (Art. 5 y 6).

En el capítulo IV, De las Medidas de Seguridad, se establece la prohibición de descargar sustancias contaminantes que provoquen degradación de los ecosistemas o alteren la calidad del ambiente, sin adoptar las precauciones de depuración. La autoridad competente se encargará de aplicar las medidas de control y muestreo para velar por el cumplimiento de esta disposición (Art. 14).

En lo que se refiere al Capítulo V, De la Evaluación, Vigilancia y Control, se señala que la autoridad ambiental está investida de la facultad de inspeccionar locales, establecimientos, o cualquier otro tipo de área, donde se lleve a cabo actividades que generan riesgo ambiental, así como exigir la información que le permita verificar el cumplimiento de las disposiciones legales. Además, podrá solicitar la intervención de la fuerza pública para el cumplimiento de las medidas y sanciones que disponga (Art. 22).

En el Capítulo VI, De la Ciencia y la Tecnología, se establece que las empresas públicas o privadas y en general toda persona que por el desarrollo de sus actividades cause o pueda causar deterioro al medio ambiente, están obligados a incorporar adelantos científicos y tecnológicos para reducir y eliminar el efecto contaminante o desestabilizador del mismo; estableciendo la autoridad competente los plazos y procedimientos que se requieran para tal fin (Art. 28).

En el Capítulo XIX, Del Agua y Alcantarillado, se indica que el Estado debe fijar el destino de las aguas residuales, estableciendo zonas en las que quede prohibido descargar aguas residuales de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales, en las aguas superficiales y subterráneas, interiores o marinas, sin tratamiento previo y en cantidades y concentraciones que sobrepasen los niveles admisibles. Además, el Estado fomenta el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando éstas recuperen los niveles cualitativos que exige la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública.

Las industrias grandes, medianas, pequeñas o artesanales, sólo podrán descargar sus efluentes en el sistema de alcantarillado público, previa aprobación de la autoridad competente. También se señala, que cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos, la flora o la fauna. Las obras deben ser previamente aprobadas (Art.108,110,111,112).

Finalmente, en el Capítulo XXI, De los Delitos y la Penas, se establece que, el que contraviniendo las leyes, reglamentos o disposiciones establecidas por la autoridad competente y con ocasión del funcionamiento de una industria o cualquier otra actividad, provoque o realice descargas, emanaciones, filtraciones o vertimientos contaminantes en la atmósfera, suelo, subsuelo o aguas que puedan causar perjuicios o alteraciones graves en la flora o fauna, los recursos hidrobiológicos o el ambiente en general, será reprimido con pena de prisión no mayor de tres años y multa de la renta de 500 a 750 días.

La pena será de prisión no menor de tres ni mayor de seis años y multa de la renta de 1000 a 1500 días:

- a) Si la industria o actividad funciona clandestinamente.
- b) Si los estudios o informes técnicos concluyen que se produjo efectivamente un grave perjuicio en la flora o fauna, los recursos hidrobiológicos o el ambiente en general.
- c) Si pone en grave peligro la salud pública.

En estos últimos casos, el Juez ordenará la clausura temporal o definitiva del establecimiento (Art. 119).

**6. RESULTADOS DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS
LIQUIDOS INDUSTRIALES DE LAS ACTIVIDADES REGISTRADAS
EN LIMA Y CALLAO**

Los resultados que presentamos están basados en la información existente en la Oficina de Control de Calidad de SEDAPAL, encargada de analizar y controlar la calidad de los desechos líquidos industriales que ingresan a los colectores de Lima y Callao.

En el planeamiento del estudio se consideró para realizarlo lo siguiente:

- a. Industrias que en la elaboración o transformación de sus productos evacúan aguas residuales y establecimientos comerciales que tienen procesos húmedos.
- b. Su clasificación de acuerdo a la naturaleza del producto crudo o final.
- c. Los límites máximos establecidos en la Sección 5 del Reglamento de Desagües Industriales.
- d. Industrias cuyos desechos líquidos son lanzados al alcantarillado público.

En el cuadro Nro. 6.1 se muestran los resultados de los parámetros básicos utilizados por SEDAPAL en el control cotidiano a los diferentes establecimientos industriales y comerciales de Lima y Callao.

CUADRO 6.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS POR SEDAPAL

LIMITES MAXIMOS EXIGIDOS		35 °C				
		TEMPERATURA				
INDUSTRIAS		MUESTRAS ENSAYADAS	MUESTRAS EXCEDIDAS	PORCENTAJE EN EXCESO	VALOR MAX. DETECTADO	VALOR MIN. DETECTADO
A	INDUSTRIA DEL PESCADO	112	105	94%	80	26
B	FABRICA DE EMBUTIDOS	105	54	51%	70	20
C	CAMALES	118	-	-	26	22
D	Fca. DE CONSERVAS FRUTAS Y LEGUMBRES	115	11	10%	40	21
E	INDUSTRIA DE LA LECHE	106	40	38%	60	19
F	FABRICA DE CERVEZA	107	56	52%	60	27
G	FABRICA DE GASEOSAS	125	-	-	34	25
H	FABRICA DE ACEITES	119	99	83%	80	27
I	INDUSTRIA TEXTIL (HILOS Y LANAS)	120	95	79%	55	28
J	INDUSTRIA TEXTIL (TELAS)	116	63	54%	72	22
K	CURTIEMBRES	105	-	-	32	19
L	FABRICA DE JABONES	110	70	64%	66	25
M	FABRICA DE LOSETAS Y MOSAICOS	110	-	-	25	19
N	FABRICA DE SANITARIOS	104	-	-	25	19
O	HABILITACION DE MARMOL	106	-	-	25	19
P	FABRICA DE PINTURAS	86	-	-	32	20
Q	INDUSTRIA DE ACABADO DE METALES	110	-	-	22	19
R	FABRICA DE ESPEJOS	65	-	-	25	20
S	LAVANDERIAS	96	64	67%	53	22
T	SERVICENTROS	74	-	-	22	19
TOTALES		2109	657	31%	-	-
TOTALES EN INDUSTRIAS EXCEDIDAS		1106	657	59%	-	-

Continuacion...

LIMITES MAXIMOS EXIGIDOS		5.0 - 8.5				
		pH				
INDUSTRIAS		MUESTRAS ENSAYADAS	MUESTRAS EXCEDIDAS	PORCENTAJE EN EXCESO	VALOR MAX- DETECTADO	VALOR MIN- DETECTADO
A	INDUSTRIA DEL PESCADO	112	-	-	8.2	6.5
B	FABRICA DE EMBUTIDOS	105	-	-	7.5	6.5
C	CAMALES	118	-	-	8.5	6.5
D	Fca. DE CONSERVAS FRUTAS Y LEGUMBRES	115	60	52%	11.9	5.1
E	INDUSTRIA DE LA LECHE	106	64	60%	12.0	6.8
F	FABRICA DE CERUEZA	107	96	90%	12.5	6.6
G	FABRICA DE GASEOSAS	125	122	98%	13.0	7.2
H	FABRICA DE ACEITES	119	94	79%	12.5	7.5
I	INDUSTRIA TEXTIL (HILOS Y LANAS)	120	108	90%	12.0	4.5
J	INDUSTRIA TEXTIL (TELAS)	116	35	30%	12.2	6.5
K	CURTIEMBRES	105	89	85%	12.5	3.6
L	FABRICA DE JABONES	110	104	95%	14.0	8.0
M	FABRICA DE LOSETAS Y MOSAICOS	110	78	71%	11.6	6.5
N	FABRICA DE SANITARIOS	104	-	-	7.2	6.5
O	HABILITACION DE MARMOL	106	-	-	7.0	6.5
P	FABRICA DE PINTURAS	86	64	74%	13.0	6.5
Q	INDUSTRIA DE ACABADO DE METALES	110	48	44%	12.0	1.0
R	FABRICA DE ESPEJOS	65	45	69%	9.5	6.6
S	LAVANDERIAS	96	40	42%	10.0	8.2
T	SERVICENTROS	74	-	-	7.5	6.5
TOTALES		2109	1047	50%	-	-
TOTALES EN INDUSTRIAS EXCEDIDAS		1490	1047	70%	-	-

Continuacion...

LIMITES MAXIMOS EXIGIDOS		8.5 ml/lit/hr				
		SOLIDOS SEDIMENTABLES				
INDUSTRIAS		MUESTRAS ENSAYADAS	MUESTRAS EXCEDIDAS	PORCENTAJE EN EXCESO	VALOR MAX-DETECTADO	VALOR MIN-DETECTADO
A	INDUSTRIA DEL PESCADO	112	112	100%	300	20
B	FABRICA DE EMBUTIDOS	105	63	60%	350	0
C	CAMALES	118	113	96%	700	3
D	Foa. DE CONSERVAS FRUTAS Y LEGUMBRES	115	51	44%	100	1
E	INDUSTRIA DE LA LECHE	106	48	45%	40	2
F	FABRICA DE CERVEZA	107	102	95%	280	1
G	FABRICA DE GASEOSAS	125	68	54%	45	1
H	FABRICA DE ACEITES	119	17	14%	130	0
I	INDUSTRIA TEXTIL (HILOS Y LANAS)	120	42	35%	150	0
J	INDUSTRIA TEXTIL (TELAS)	116	17	15%	110	0
K	CURTIEMBRES	105	96	91%	900	4
L	FABRICA DE JABONES	110	26	24%	320	1
M	FABRICA DE LOSETAS Y MOSAICOS	110	94	85%	450	1
N	FABRICA DE SANITARIOS	104	37	36%	300	1
O	HABILITACION DE MARMOL	106	42	40%	600	0
P	FABRICA DE PINTURAS	86	52	60%	150	1
Q	INDUSTRIA DE ACABADO DE METALES	110	88	80%	650	4
R	FABRICA DE ESPEJOS	65	46	71%	30	1
S	LAVANDERIAS	96	20	21%	40	1
T	SERVICENTROS	74	70	95%	450	8
TOTALES		2109	1204	57%	-	-
TOTALES EN INDUSTRIAS EXCEDIDAS		2109	<u>1204</u>	57%	-	-

Continuacion...

LIMITES MAXIMOS EXIGIDOS		100 mg/lit				
		GRASAS				
INDUSTRIAS		MUESTRAS ENSAYADAS	MUESTRAS EXCEDIDAS	PORCENTAJE EN EXCESO	VALOR MAX. DETECTADO	VALOR MIN. DETECTADO
A	INDUSTRIA DEL PESCADO	77	77	100%	54800	200
B	FABRICA DE EMBUTIDOS	70	61	87%	9856	0
C	CAMALES	84	72	86%	2156	40
D	Fca. DE CONSERVAS FRUTAS Y LEGUMBRES	60	-	-	90	0
E	INDUSTRIA DE LA LECHE	48	26	54%	6519	0
F	FABRICA DE CERVEZA	70	28	40%	1579	0
G	FABRICA DE GASEOSAS	72	33	46%	5600	0
H	FABRICA DE ACEITES	54	48	89%	24362	60
I	INDUSTRIA TEXTIL (HILOS Y LANAS)	60	20	33%	2764	0
J	INDUSTRIA TEXTIL (TELAS)	64	3	5%	121	0
K	CURTIEMBRES	64	35	55%	2796	0
L	FABRICA DE JABONES	62	50	81%	11000	0
M	FABRICA DE LOSETAS Y MOSAICOS	50	-	-	0	0
N	FABRICA DE SANITARIOS	52	-	-	0	0
O	HABILITACION DE MARMOL	50	-	-	0	0
P	FABRICA DE PINTURAS	54	23	43%	1442	0
Q	INDUSTRIA DE ACABADO DE METALES	52	36	69%	1100	0
R	FABRICA DE ESPEJOS	40	12	30%	200	0
S	LAVANDERIAS	50	27	54%	240	0
T	SERVICENTROS	40	36	90%	8945	50
TOTALES		1173	587	50%	-	-
TOTALES EN INDUSTRIAS EXCEDIDAS		961	587	61%	-	-

Continuacion...

LIMITES MAXIMOS EXIGIDOS		1000 mg/lit			
		D.B.O.			
INDUSTRIAS	MUESTRAS ENSAYADAS	MUESTRAS EXCEDIDAS	PORCENTAJE EN EXCESO	VALOR MAX- DETECTADO	VALOR MIN- DETECTADO
A INDUSTRIA DEL PESCADO	77	60	78%	5170	200
B FABRICA DE EMBUTIDOS	70	54	77%	5400	266
C CAMALES	84	76	90%	3432	336
D Fca. DE CONSERVAS FRUTAS Y LEGUMBRES	60	25	42%	3200	89
E INDUSTRIA DE LA LECHE	48	20	42%	3162	135
F FABRICA DE CERUEZA	70	55	79%	3400	266
G FABRICA DE GASEOSAS	72	12	17%	3220	0
H FABRICA DE ACEITES	54	25	46%	4500	0
I INDUSTRIA TEXTIL (HILOS Y LANAS)	60	26	43%	3920	33
J INDUSTRIA TEXTIL (TELAS)	64	4	6%	1910	0
K CURTIEMBRES	64	42	66%	4900	286
L FABRICA DE JABONES	62	35	56%	3300	0
M FABRICA DE LOSETAS Y MOSAICOS	50	-	-	800	24
N FABRICA DE SANITARIOS	52	-	-	614	70
O HABILITACION DE MARMOL	50	-	-	781	36
P FABRICA DE PINTURAS	54	-	-	730	51
Q INDUSTRIA DE ACABADO DE METALES	52	-	-	440	30
R FABRICA DE ESPEJOS	40	-	-	180	0
S LAVANDERIAS	50	-	-	534	192
T SERVICENTROS	40	30	75%	1800	182
TOTALES	1173	464	40%	-	-
TOTALES EN INDUSTRIAS EXCEDIDAS	825	464	56%	-	-

Para determinar las características principales de los residuos líquidos industriales que se descargan a la red pública, tomaremos los porcentajes de las muestras que se excedieron de los límites establecidos por las normas.

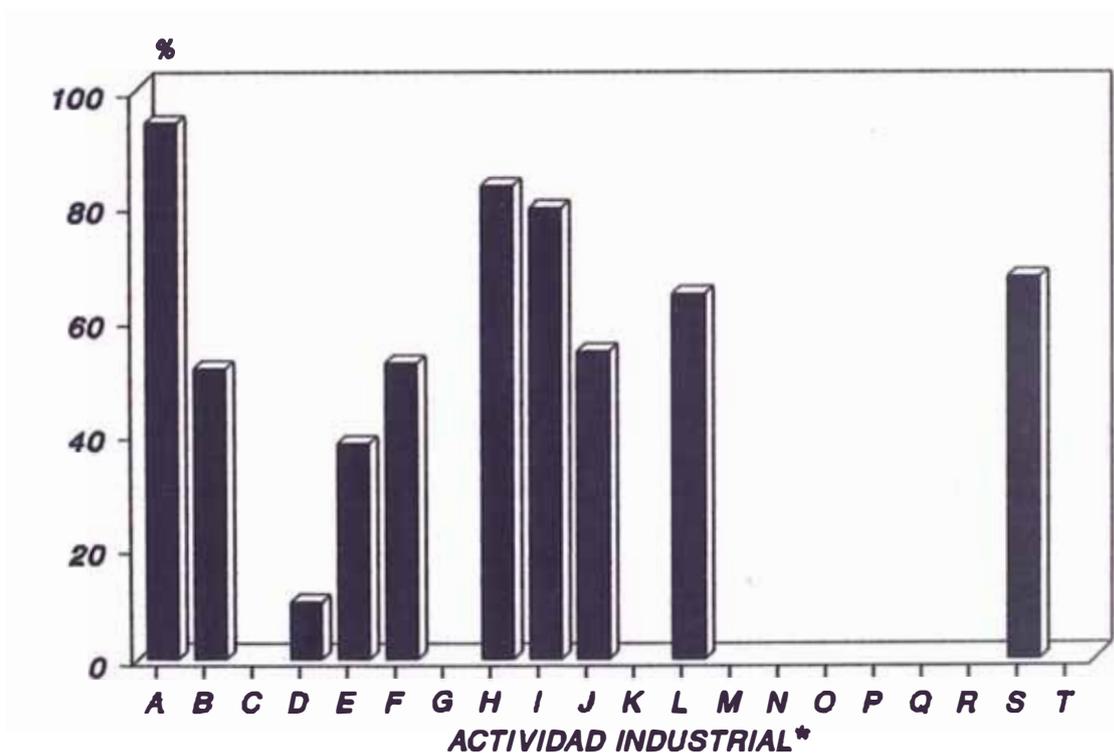
Además estos resultados bien pueden representar las características de los desechos líquidos de las diferentes industrias, pues a pesar que muchas cuentan con algún tipo de tratamiento un gran porcentaje no logra cumplir su objetivo.

En los gráficos del 6.1 al 6.5 vemos que un gran sector de la industria descarga sus desechos líquidos a los colectores al parecer sin un mínimo de tratamiento excediendo los límites máximos del Reglamento. Esto sucede como se mencionó anteriormente a pesar de que muchos de los establecimientos en los que se realizó el estudio tienen algún sistema de tratamiento, pero que por falta de mantenimiento no se logra cumplir con los objetivos, en otros casos la causa se debe a la mala operación o a un mal diseño de las unidades de tratamiento.

El gráfico Nro. 6.6 muestra el total de las muestras excedidas por parámetros (respecto al total de muestras ensayadas), pero estos resultados son solamente referenciales pues se están incluyendo a todas las industrias a pesar que en algunas de ellas determinado parámetro no le es característico. El gráfico Nro. 6.7 es más representativo pues se presentan los porcentajes excedidos respecto a las industrias a las cuales le son característicos determinados parámetros. Aquí sí que los resultados son realmente preocupantes, pues nos muestra un gran problema en las descargas industriales; ya que los porcentajes excedidos con respecto a la norma están por el orden del 60%, siendo el pH el que presenta mayor porcentaje de muestras excedidas (70%), y observando el gráfico Nro. 6.2 vemos que estos porcentajes en la mayoría de industrias es muy elevado.

**% DE MUESTRAS EXCEDIDAS RESPECTO AL LIMITE
MAXIMO POR ACTIVIDAD INDUSTRIAL**

**GRAFICO 6.1
TEMPERATURA**



‡ LAS LETRAS INDICAN LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL
(UTILIZADA EN EL CUADRO 6.1)

GRAFICO 6.2
pH

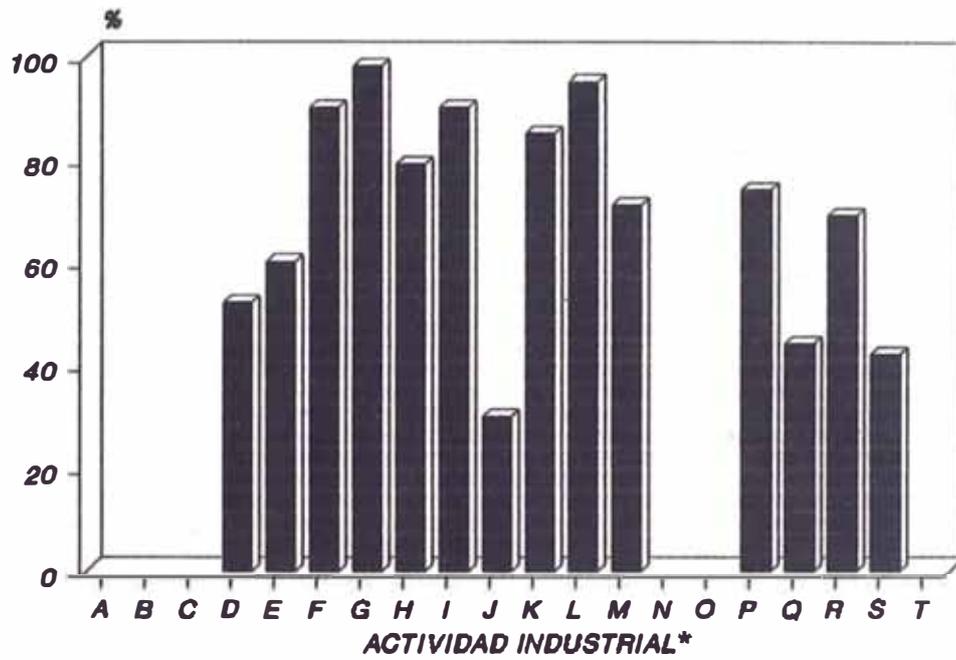
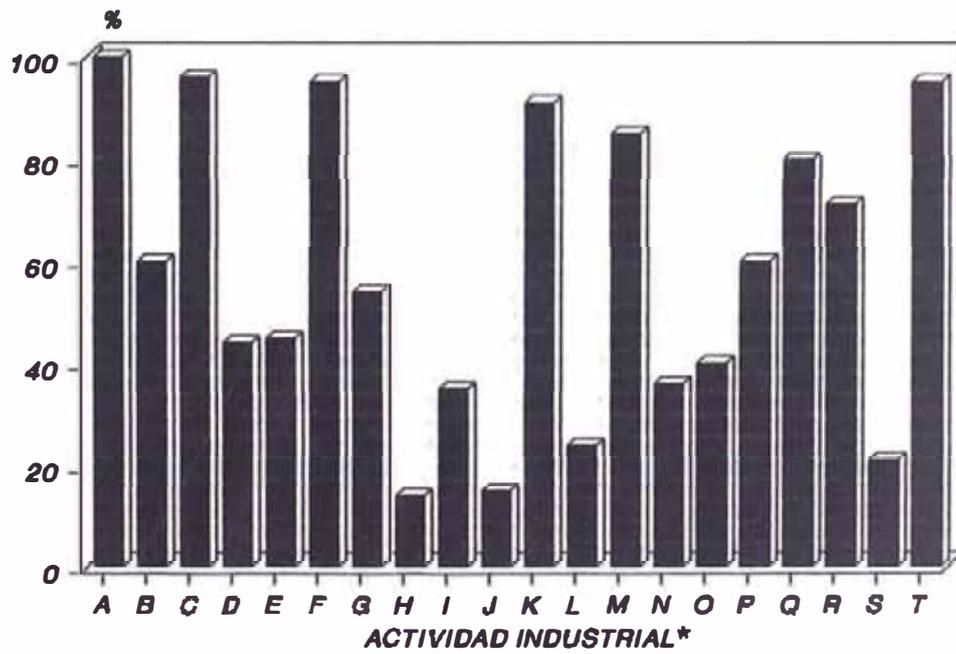
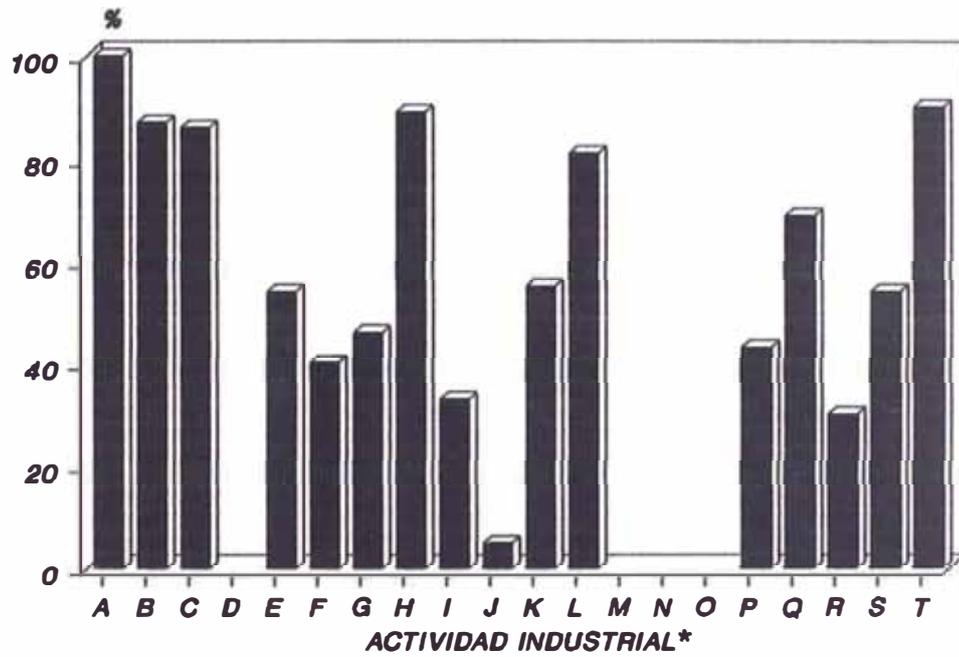


GRAFICO 6.3
S.S.S.



**GRAFICO 6.4
GRASAS**



**GRAFICO 6.5
D.B.O.**

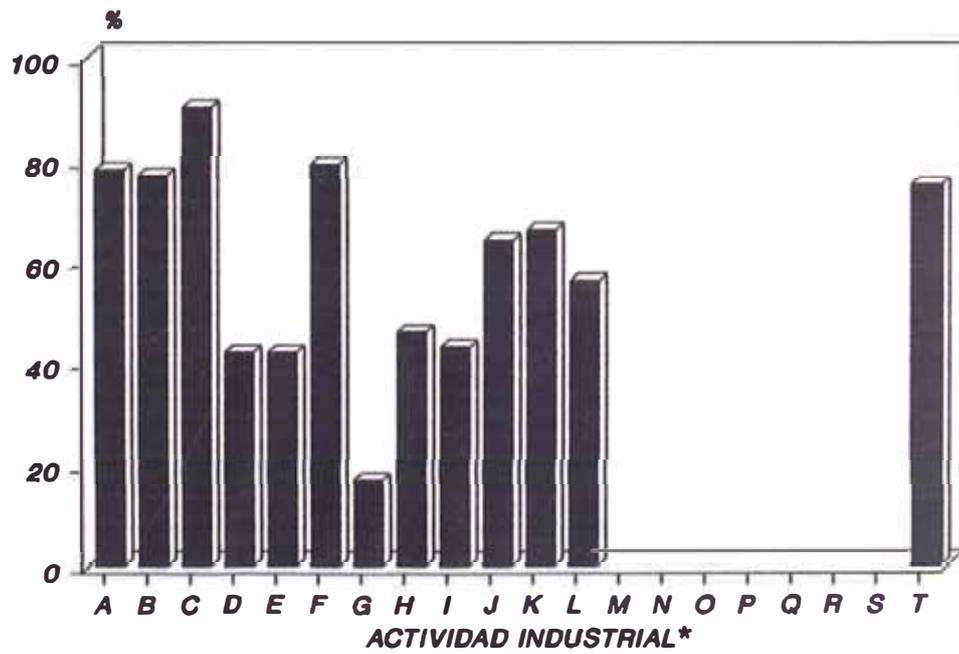


GRAFICO 6.6

**% DE MUESTRAS EXCEDIDAS DEL LIMITE MAXIMO POR PARAMETRO,
CON RESPECTO AL TOTAL DE MUESTRAS REALIZADAS**

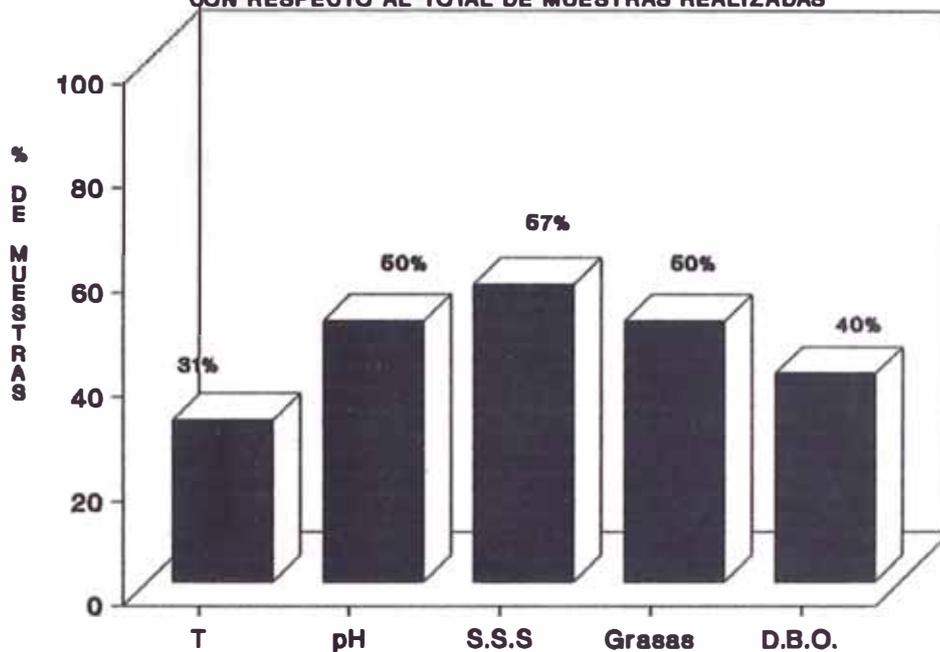
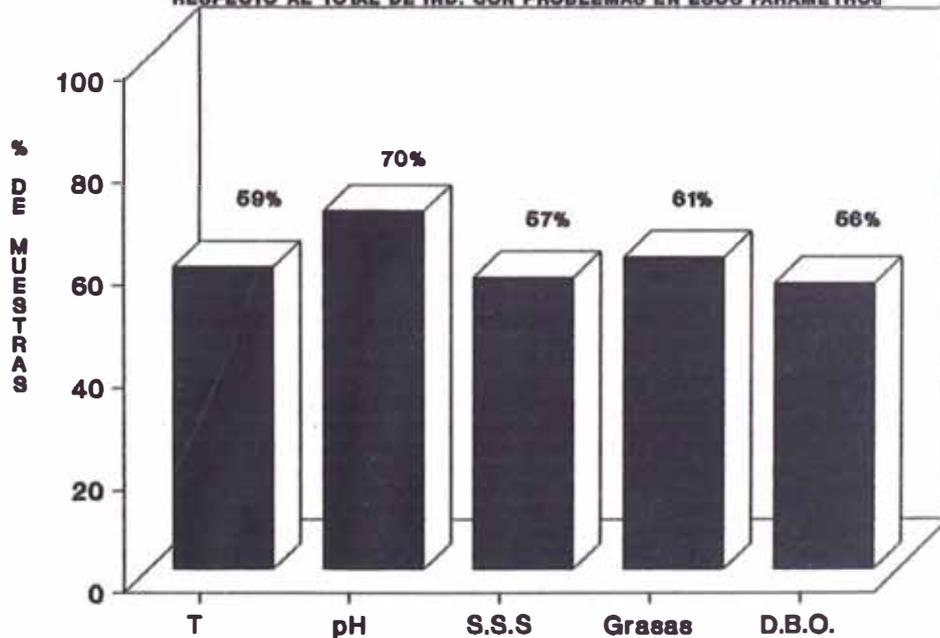


GRAFICO 6.7

**% DE MUESTRAS EXCEDIDAS DEL LIMITE MAXIMO POR PARAMETRO,
RESPECTO AL TOTAL DE IND. CON PROBLEMAS EN ESOS PARAMETROS**



**CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS DESCARGADOS
POR LA INDUSTRIA LOCAL A LOS COLECTORES**

INDUSTRIA	TEMP.	pH	S.S.S.	GRASAS	D.B.O.
A. Pescado	/////		////////	/////	////////
B. Embutidos	/////		////////	/////	////////
C. Camales			////////	/////	////////
D. Conservas		/////	////////		////////
E. Prod. lacteos	/////	/////	////////	/////	////////
F. Cerveza	/////	/////	////////	/////	////////
G. Gaseosas		/////	////////	/////	////////
H. Aceites	/////	/////	////////	/////	////////
I. Textil (lana)	/////	/////	////////	/////	////////
J. Textil (algod.)	/////	/////	////////		
K. Curtiembres		/////	////////	/////	////////
L. Jabones	/////	/////	////////	/////	////////
M. Losetas		/////	////////		
N. Sanitarios			////////		
O. Habil. marmol			////////		
P. Pinturas		/////	////////	/////	
Q. Galvanoplastía		/////	////////	/////	
R. Espejos		/////	////////	/////	
S. Lavanderías	/////	/////	////////	/////	
T. Servicentros			////////	/////	////////

Finalmente, en el gráfico Nro. 6.8 se muestran las características principales de los desechos líquidos que las diferentes actividades industriales descargan a los colectores de la red pública; y bien estas pueden ser las características de los desechos que cada actividad industrial descargaría si no se aplicase ningún tratamiento.

Estos resultados según lo manifestado por la Oficina de Control de Calidad de SEDAPAL han logrado un pequeño descenso en algunos parámetros, pero en lo que se refiere a pH se han mantenido.

Para tener una mejor idea de la situación en que operan los tratamientos de desechos líquidos empleados en algunas industrias se procedió a hacer una evaluación "cualitativa" en 11 establecimientos, los cuales fueron seleccionados por su magnitud y por tener descargas ácidas o alcalinas, estas fueron:

Industrias textiles

- Textil "El Amazonas"
- CINSA
- Industrial Hilandera
- Ibeltex

Industrias con proceso de acabado de metales

- Industrias Record
- SIAM
- Cromotecnica

Industrias cerveceras

- Compañía Nacional de cerveza
- Backus & Jhonston

Embotelladoras de gaseosas

- Inca Kola
- Frutos del país

La metodología que se empleó en esta evaluación consistió en una inspección a las unidades de tratamiento y un muestreo de los desechos (por día cada 15 ó 30 minutos), debido a estas condiciones es que esta evaluación se considera como cualitativa.

Las unidades de tratamiento encontradas en estos establecimientos, se presentan en el siguiente cuadro :

ESTABLECIMIENTOS VISITADOS	UNIDADES DE TRATAMIENTO					
	Temp.	Sol.Susp. (Rejas)	Grasas (Trampa)	S.S.S. (Sedimentador)	pH (Neutralización)	Otros
Textil "El Amazonas"	-	x	-	x	x	-
Textil CINSA	-	x	x	x	-	-
Industrial Hilandera	x	x	x	x	-	-
Text. Ibeltex	-	-	-	-	-	-
Galv. Record	-	x	x	x	x	x
Galv. SIAM	-	-	-	-	x*	-
Galvanotecnia	-	-	-	-	x*	-
Cerv. B. & J.	-	x	x	x	x	x
Comp. Nacional	-	x	-	x	x	-
Gas. Inca Kola	-	x	x	x	x	-
Gas. Frutos del País	-	x	x	x	x	-

*: Manifestaron que se utilizaba como sedimentador y tanque de neutralización.

Como vemos los establecimientos visitados cuentan con algún sistema de tratamiento. Sin embargo, de acuerdo al análisis

sis cualitativo que se hizo en cada industria se pudieron comprobar las razones por las cuales éstas no obtienen resultados satisfactorios.

En general se puede decir que el principal problema que se encontró es la falta de mantenimiento; así también y como se sospechaba una mala concepción de los parámetros de diseño y una incorrecta operación de las unidades.

De este modo, mencionaremos que ninguna de las rejillas utilizada para la retención de sólidos gruesos estaba diseñada de acuerdo a los parámetros básicos exigidos en el diseño. Estando la mayoría de ellas en posición vertical.

En lo que se refiere a trampas de grasa, fueron las unidades que presentaron el mejor criterio en su diseño, pero la falta de limpieza en algunas de ellas ocasiona su mal funcionamiento.

Los sedimentadores que presentan la mayoría de estos establecimientos son pozas construidas sin ningún criterio técnico para cumplir su fin. Así por ejemplo, mencionaremos los siguientes casos:

- En la industria textil "El Amazonas", se determinó que los sólidos en el efluente estaban por encima del valor límite, siendo esto debido a falta de mantenimiento, a corrientes térmicas ocasionadas por las descargas a altas temperaturas características en este tipo de industria.
- Otro fue el caso encontrado en la embotelladora "Frutos del País", donde se pudo apreciar que esta poza era utilizada como tanque de igualación de caudal, de donde era bombeado el desagüe hacia el colector, la succión de esta bomba se encontraba arrastrando sólidos cuando funcionaba.

En lo que se refiere al tratamiento de neutralización, éste en general no funcionaba, presentándose los siguientes casos:

- En la Fábrica de metales y aluminios Record, se encontró en el buzón que conduce sus desechos líquidos fuera de la industria un $\text{pH}=3$, lo que nos indicó una descarga industrial muy ácida.

Al ingresar a la planta, luego de una larga espera (lo que es habitual en las industrias) se observó que el tratamiento utilizado para sus descargas ácidas, era un lecho de piedra caliza; lo que extrañó fue que el pH antes del tratamiento era alcalino ($\text{pH}=11$), y el pH después del tratamiento ácido ($\text{pH}=5$). Esto nos indica que el tratamiento no funciona y que el industrial trata en lo posible que el pH del efluente, durante la inspección, esté dentro de los valores permitidos; aunque para ello tenga que descargar al desagüe desechos alcalinos y así obtener un efluente a un pH aceptable.

- En la galvanoplastia "SIAM", se pudo apreciar que en la misma poza se encontraba el tratamiento de sedimentación y neutralización, ya que la piedra caliza estaba colocada en la parte superior del tanque, pero ésta se encontraba colmatada con los sólidos del desagüe que pasaba a través de ella, restándole eficiencia a la piedra. En consecuencia ninguno de los dos tratamientos funcionaba bien.
- En la galvanoplastia "Cromotécnica", se apreció el abandono del tanque de neutralización con piedra caliza, ya que las piedras se encontraban totalmente sucias.
- En la embotelladora "Frutos del país", se inyectaba hidróxido de sodio al desecho alcalino, notándose con ello desconocimiento de las sustancias químicas neutralizantes y del tipo de desagüe que descargan.

En cuanto al control de temperatura, solamente una industria textil contaba con un sistema de enfriamiento, pero éste no era eficiente ya que la temperatura en el efluente estaba por encima de los 40°C; siendo el tratamiento tanques de rociado.

Dentro de "otros", hemos considerado las industrias que poseen algún sistema de recuperación de sustancias útiles para la industria, ya que al hacerlo se está evitando el lanzamiento de éstos al efluente final.

Adicionalmente indicaremos que un problema que se presentó durante el estudio es el difícil acceso a las plantas industriales, teniendo que esperar por tiempos considerables (mayores a 45 minutos) antes de comenzar el muestreo. Además para obtener muestras de otros puntos (Ej. antes de los tratamientos) ellos nos exigían la presentación de permisos, cartas, etc., lo cual demandaba de varios días.

El principal aspecto para hacer cualquier trabajo en la industria es contar con el deseo real del industrial de resolver el problema, ya que por lo general éste trata en lo posible que el día de la inspección el efluente descargado cumpla con los parámetros establecidos por el reglamento, para así no ser multados por la Autoridad.

Esto conduce a hacer muestreos con resultados poco confiables, no pudiéndose en base a éstos dar una recomendación para solucionar definitivamente su problema.

Se podrían obtener datos confiables haciendo muestreos en la parte exterior de la industria, en la caja de inspección de desagües. Según lo observado no todas cuentan con esta.

7. IMPORTANCIA DEL pH EN COMPARACION CON LOS OTROS PARAMETROS BASICOS

Veremos a continuación algunos aspectos relacionados con los parámetros básicos de control de los desechos líquidos industriales, y comparar la complejidad de los diferentes tratamientos empleados para cada parámetro, y la operación y mantenimiento de estos sistemas.

Temperatura: Los efluentes con temperaturas altas pueden ser enfriados usando tanques de rociado, que son lagunas de almacenamiento desde las cuales se bombea el efluente distribuyéndolo a rociadores desde donde caen gotas a las lagunas. Si se trata de una pequeña cantidad de efluente con temperatura alta probablemente sea suficiente diluirlo con otro efluente o con agua fría. También es posible enfriar la descarga a través de canales que no sean cerrados, sino que en la parte superior tengan rejas para evitar accidentes, esto podría usarse en lugares abiertos. Hay diferentes alternativas de acuerdo al espacio que se disponga.

DBO: Si bien el Reglamento establece un límite máximo para la descarga de DBO, éste también establece el pago de una sobretasa por parte del industrial para descargar concentraciones mayores, existiendo de este modo una flexibilidad en este parámetro; ya que sería difícil que cada industrial mantenga operando correctamente un tratamiento biológico, habiendo la posibilidad de un tratamiento conjunto.

Grasa: Las grasas y aceites más livianos que el agua pueden ser separadas pasando el efluente por un desgrasador o trampa de grasa, esto es un tanque en el cual la grasa y el aceite que flotan en la superficie son retenidos por densidad. El funcionamiento satisfactorio de dicho desgrasador depende completamente de que la grasa y el aceite sea removido a medida que se acumula, y por lo tanto es imprescindible que sea inspeccionado regularmente.

Sólidos sedimentables: Los sólidos excesivos pueden ser removidos por sedimentación en un tanque donde se realiza la separación de los sólidos más densos que el agua y que tiene una velocidad de caída tal que pueden llegar al fondo del tanque sedimentador en un tiempo económicamente aceptable. El lodo debe ser removido cada cierto tiempo y controlada la disposición del mismo.

pH: Los efluentes fuertemente ácidos o alcalinos ocasionan diversos problemas desde su descarga, por lo que deben ser neutralizados antes de lanzamiento. Esto se logra por diversos procedimientos químicos de los cuales hablaremos más adelante. Estos tratamientos necesitan de un conocimiento de las características de las sustancias a emplear para así evitar accidentes y obtener la mayor eficiencia de cada uno de ellos.

Como hemos podido apreciar, para el control de la mayoría de los parámetros (temperatura, grasa, sólidos sedimentables) es necesario un tratamiento que está basado en principios hidráulicos, y éstos una vez diseñados y construidos necesitan un mantenimiento muy simple.

En cuanto a la DBO, éste puede ser descargado si el industrial paga una sobretasa, ya que el tratamiento de la DBO se puede hacer en una planta de tratamiento para varias industrias con este problema, e incluso conjuntamente con las descargas domésticas.

Sin embargo, el control del pH debe ser realizado desde la industria ya que este tipo de descarga puede ocasionar problemas desde su lanzamiento e inclusive a tratamientos biológicos como para la DBO. Además el control de este parámetro sugiere un tratamiento químico, cuyos principios involucran variables físicas, químicas e hidráulicas. Además su operación y mantenimiento resulta costoso por requerir de personal calificado para el manejo y control del equipo, y el suministro o cambio de los agentes neutralizantes, los cuales generalmente requieren de espacios o recipientes adecuados para no alterar su calidad.

8. SELECCION DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS QUE GENERAN COMPUESTOS ACIDOS Y/O ALCALINOS

Como hemos visto hasta el momento, hay una gran variedad de actividades industriales y manufactureras donde los residuos líquidos industriales de cada una de ellas tiene características propias. Sin embargo, las actividades industriales más significativas en el problema de los residuos ácidos o alcalinos, sólo son un grupo de ellas.

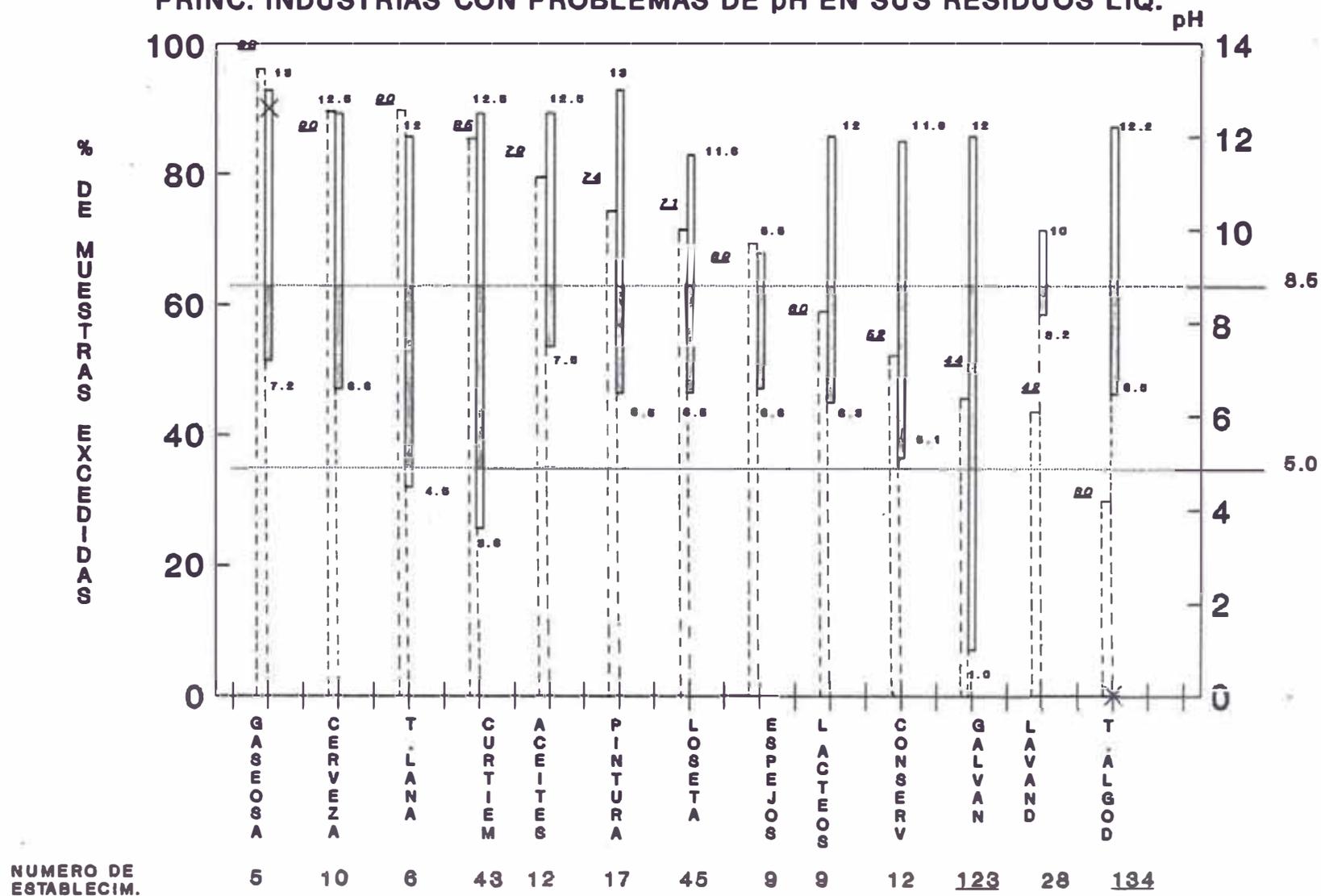
En este capítulo seleccionaremos estas industrias, de acuerdo a los resultados de pH de las actividades industriales de Lima y Callao presentado en el capítulo Nro.6 ; también se tomará en cuenta el porcentaje de muestras excedidas en cuanto a valores de pH reglamentarios; así como el número de establecimientos registrados de cada actividad industrial.

Para hacer la selección se han ordenado en el gráfico 8.1, las industrias con problemas de pH de acuerdo al porcentaje de muestras excedidas con respecto a los valores de pH establecidos por el Reglamento, esto se ha hecho en forma decreciente; de esta forma la industria de bebidas gaseosas se encuentra en primer lugar por tener el 98% de muestras excedidas, le sigue la industria de la cerveza con 90%, y así sucesivamente.

Además en el gráfico 8.1 se indican también los rangos de pH encontrados para cada actividad industrial, estando sombreada la parte que está dentro del rango permisible admitido por el Reglamento de Desechos Industriales. El número de establecimientos registrados por actividad industrial es mostrado en la parte inferior del gráfico.

GRAFICO 8.1

ESQUEMATIZACION DE DATOS PARA EL SELECCIONAMIENTO DE LAS PRINC. INDUSTRIAS CON PROBLEMAS DE pH EN SUS RESIDUOS LIQ.



Luego de analizar este gráfico, podemos indicar que las industrias que presentan mayor exceso de muestras fuera del rango permisible de pH, son también las que presentan un pH demasiado alto. Con esto podemos indicar que las 4 industrias más importantes en cuanto al problema de pH son:

- Industria de bebidas gaseosas
- Industria de la cerveza
- Industria de textiles de lana
- Curtiembre (Industria del cuero)

A este grupo seleccionado de industrias que presentan mayor problema en cuanto a pH, hemos creído conveniente, incluir dos industrias más, ya que presentan un gran número de establecimientos y además el pH registrado en ellas está excesivamente fuera del rango permisible; estas industrias son:

- Galvanoplastia (Industria del acabado de metales)
- Industria de tejidos de algodón

Estas 6 industrias seleccionadas representan aproximadamente el 50% del total de las actividades generadoras de residuos líquidos ácidos o alcalinos.

En el próximo capítulo, indicaremos el proceso de producción de cada una de estas industrias para así conocer en qué parte del proceso de la producción se generan estos desechos.

9.DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCION INDUSTRIAL EN EL GRUPO SELECCIONADO

Indicaremos en este capítulo, en forma general los procesos de producción para la elaboración de los productos que comercializan las industrias seleccionadas. El grupo seleccionado es:

- Industria de la cerveza
- Industria de bebidas gaseosas
- Industria de tejidos de algodón
- Industria de textiles de lana
- Galvanoplastia (Industria del acabado de metales)
- Curtiembre (Industria del cuero)

En cada una de ellas presentaremos las características del proceso y el diagrama de flujo indicando los desechos de cada proceso industrial.

9.1 INDUSTRIA DE LA CERVEZA

Características del Proceso

La industria de la cerveza pertenece al grupo conocido como de industrias de la fermentación. En este tipo de industrias el proceso básico consiste en la fermentación de un caldo de cultivo, por medio de un microorganismo adecuado.

En el caso de la cerveza el caldo de cultivo se prepara a base de cebada y otros granos y el fermento es la "levadura" (*Sacharomyces cerevisiae*).

El proceso de preparación de la cerveza consta de las siguientes etapas:

1. MALTEO

Durante el proceso de malteado se produce una transformación del almidón que contiene los granos de cebada.

El grano con el objeto de utilizar el almidón almacenado para su crecimiento, desarrolla una enzima (la diastasa) que tiene el poder de solubilizar el almidón (que es insoluble en agua) transformándolo en dextrosa o maltosa, azúcares que son solubles en agua.

Este proceso consta de las siguientes etapas:

1.1 Remojo: El grano de cebada se coloca en cubas a determinadas temperaturas. Se cargan y descargan periódicamente; el grano se hincha y al mismo tiempo se lava.

1.2 Germinación: El grano se desparrama, con 50cms. de tirante, sobre bateas con falso fondo con drenaje (saladines).

La temperatura se mantiene en 36 a 38°C y debe removerse el CO₂ para que no afecte el proceso.

Por los falsos fondos se inyecta aire frío (15°C) y húmedo, y se van removiendo los granos por medios mecánicos, teniéndose además una permanente lluvia.

1.3 Torrefacción: Durante la germinación se han

formado las diastasas y cuando el germen tiene el máximo poder diastásico se realiza la torrefacción, que consiste en un secado del grano húmedo con temperaturas que van aumentando hasta llegar a 70 - 80°C (cervezas "blancas") ó 100°C (cervezas "negras"), en cuyo caso se acaramela parcialmente la maltosa.

1.4 Enfriamiento: Para el enfriamiento se utiliza agua. El desagüe de agua de enfriamiento no está contaminada.

1.5 Separación de grano y brote: Luego de la germinación del grano de cebada, se corta el brote cuando éste alcanza una longitud de 5 a 6 mm quedando transformado en "malta". La separación se hace por medios mecánicos.

2. PREPARACION DEL MOSTO

2.1 Olla de Crudos: El grano molido (ej. arroz, trigo, maíz, etc) es cocido a presión para convertir los almidones insolubles en solubles.

2.2 Olla de Mezcla: El contenido anterior se vierte al recipiente que contiene la malta y se inician una serie de procesos enzimáticos, siendo el más importante la producción de azúcares a partir de almidones. La temperatura depende del tipo de cerveza a producirse.

2.3 Olla de filtración: Este tanque, conocido como "Lauter" tiene un fondo falso que retiene los granos dejando pasar el líquido denominado MOSTO.

2.4 Olla de cocción: El mosto se lleva a un recipiente de cobre donde se hierve el mosto y se le agregan cantidades determinadas de lúpulo (*Humulus lupulus*) que contiene una sustancia resinosa amarga que contribuye a darle el sabor amargo a la cerveza. Durante esta cocción el mosto se concentra, las enzimas restantes son destruidas, y las proteínas coaguladas por medio del tanino entregado por el lúpulo.

2.5 Tanque de sedimentación: El objetivo es separar por decantación las sustancias insolubles como las proteínas coaguladas y el bagazo del lúpulo.

2.6 Enfriador del mosto: El sobrenadante esterilizado del clarificador es llevado a una temperatura de 10°C teniendo cuidado de evitar su contaminación por "levaduras salvajes".

3. FERMENTACION

3.1 Cava de fermentación: Los detalles de esta fase difieren de acuerdo al tipo de cerveza a producirse. El mosto frío es inoculado con levaduras produciéndose una transformación de los azúcares en alcohol y dióxido de carbono.

Este último compuesto se retira y almacena a presión para su posterior uso en la recarbonatación de la cerveza. La fermentación se considera completa entre 7 y 10 días cuando la mayoría de la levadura sedimenta obteniéndose un sobrenadante denominado "cerveza verde".

3.2 Cavas de maduración: La cerveza que sale de las cavas de fermentación contiene algunas cantidades de material suspendido, incluyendo resinas del lúpulo; células de levadura y materia nitrogenada insoluble. Para clarificar la cerveza, se madura por un tiempo adicional de 15 días y a bajas temperaturas. Durante este período se afina el sabor característico del producto.

3.3 Cavas de filtración: La cerveza es filtrada a través de paneles de celulosa o tierra de diatomeas. Luego se enfría a 0°C y se le inyecta gas carbónico, luego se almacena en tanques a contrapresión donde queda lista para ser envasada.

4. ENVASE

4.1 Lavadora de botellas: Se emplean soluciones de NaOH.

4.2 Envasadora: La cerveza a 0°C es bombeada del tanque de contrapresión hasta la envasadora, donde las botellas llenas son tapadas.

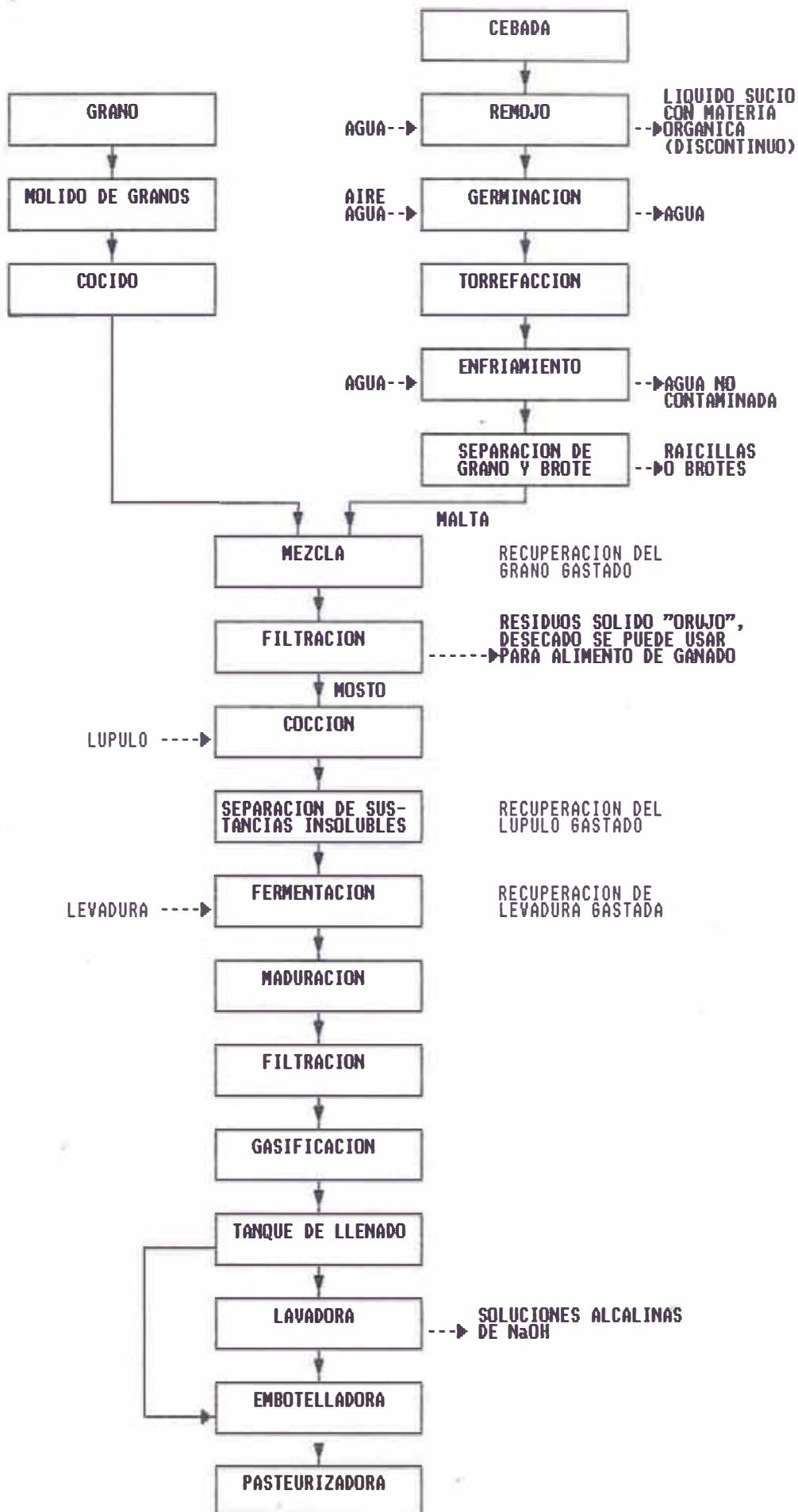
4.3 Pasteurización: La cerveza embotellada se somete a cambios bruscos de temperatura lo cual garantiza su conservación microbiológica por largos períodos. Por último la botella es etiquetada y queda lista para su reparto y consumo.

Referencias

- BRASKARAN, T. R., ... "Guidelines for the control of industrial wastes - Brewery wastes", World Health Organization.
- MARCIO BRAILE, Pedro, ... "Despejos industriais", Federação das indústrias do Estado da Guanabara, 1971
- NEMEROW, Nelson Leonard, "Aguas residuales industriales", H. Blume Ediciones, 1977
- UNIVERSIDAD DE CHILE, "Curso básico para técnicos sobre residuos industriales líquidos", OPS/OMS, Chile, 1969

GRAFICO 9.1

PROCESO DE PREPARACION DE LA CERVEZA



9.2 INDUSTRIAS DE BEBIDAS GASEOSAS

Características del Proceso

El proceso de preparación de bebidas gaseosas consta de las siguientes etapas:

- 1. Acondicionamiento del agua :** El agua que se utiliza la preparación de las bebidas gaseosas (o carbonatadas, o jarabeadas) es agua potable, previamente tratada, con la finalidad de reducir las sales alcalinas y la dureza que alteran el sabor de las bebidas.

También debe suprimirse cualquier vestigio de materia orgánica y micro-organismos que puedan alterar la calidad de la bebida y causar daño a los consumidores.

Para ello se cuenta con unidades especiales de tratamiento, donde se logra agua con las condiciones deseadas para la preparación de las bebidas.

- 2. Preparación de jarabes :** Para la preparación de jarabes se emplean azúcar líquida, saborizantes, ácidos, colorantes y agua tratada, esta mezcla constituye el jarabe y es lo que le da a la bebida el sabor y olor característico.

- 3. Preparación de la bebida :** La preparación de la bebida tiene dos etapas bien marcadas

3.1 Jarabeado : En esta primera etapa se dosifica una cantidad establecida del jarabe conocida como concentrado; y

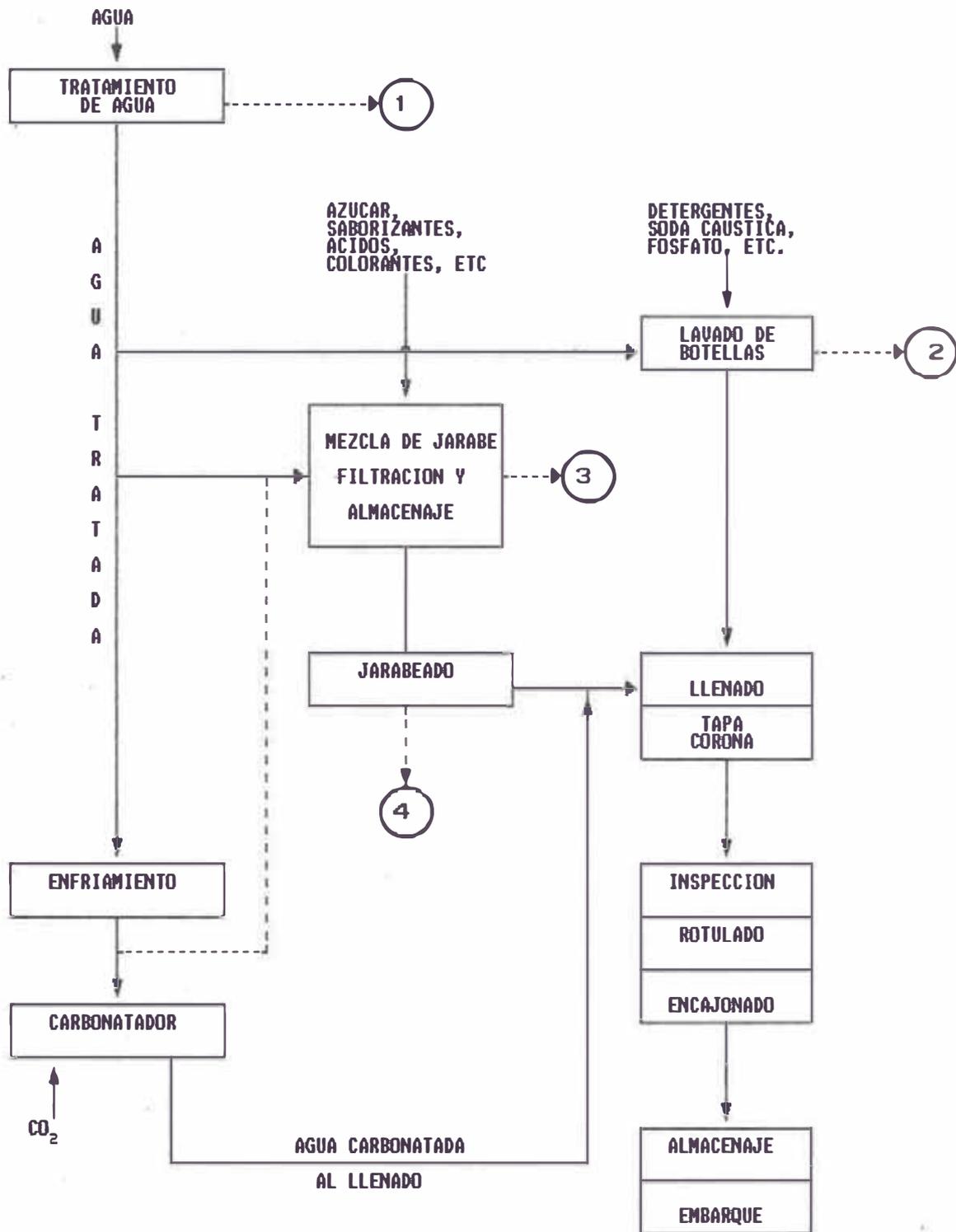
3.2 Carbonatación : El agua tratada previamente enfriada llega al carbonatador, ésta se pone en contacto con una atmósfera de gas carbónico a presión que se incorpora a la masa líquida; finalmente se mezcla con el jarabe o concentrado en una línea a presión constituyéndose el conjunto en bebida gaseosa.

4. Embotellamiento : La bebida es impulsada a la máquina llenadora donde se introduce la bebida a las botellas y se produce el sellado de éstas.

A la máquina llenadora llegan las botellas vacías, totalmente limpias y esterilizadas. El proceso de lavado y esterilización se efectúa en la máquina lavadora con el uso de soluciones detergentes y esterilizantes, ayudados por concentraciones y temperaturas adecuadas. El lavado de botellas se efectúa también en forma automática, para después proceder a su llenado.

A continuación las botellas con líquido son encajonadas automáticamente para quedar en condiciones de ser comercializadas.

GRAFICO 9.2
PROCESO DE PREPARACION DE BEBIDAS GASEOSAS



----- AGUA DE DESECHOS

AGUA RESIDUAL

1. Lodos del ablandamiento, etc.
Agua del lavado de filtros,
sales gastadas, etc.
2. Agua de lavado con detergentes, soda cáustica, fosfatos, etc.
3. Derrame con azúcar, ácido, colorantes, etc.
4. Derrame con jarabe, etc.
5. Lavado de pisos.

Referencias

- BRASKARAN, T. R., "Guidelines for the control of industrial wastes", World Health Organization
- CABRERA FAJARDO, Nora, ... "Estudio de la contaminación industrial de la cuenca Marga - Marga", Viña del Mar, Santiago de Chile, 1974
- NEMEROW, Nelson Leonard, "Aguas residuales industriales", H. Blume Ediciones, 1977

9.3 INDUSTRIA DE TEJIDOS DE ALGODON

Características del proceso

Consideraremos la producción de dos tipos de tejido; el tejido "plano" compuesto de fibras longitudinales a las cuales se les da el nombre de "URDIMBRE" y fibras transversales a ésta formando "LA TRAMA"; y el tejido "de punto" que no posee ni urdimbre ni trama y se hace en torno a una sola fibra.

El proceso de fabricación de los tejidos de algodón consta de las siguientes etapas

1. **Enconado:** Operación mecánica que consiste en enrollar el hilo en pequeños conos. Dado que es una operación completamente en seco, no se producen descargas líquidas.
2. **Urdido:** Operación mecánica que tiene por objeto producir la urdimbre de la tela; consiste en enrollar en un solo cono grande, varios conos pequeños. Por ser en seco tampoco es representativa bajo el punto de vista de la producción de desechos contaminantes.
3. **Engomado:** Operación en que se reviste la urdimbre con una mezcla de varios compuestos químicos para darle rigidez y resistencia con la finalidad de hacerlo manejable en los procesos siguientes. Se hace pasar el algodón a través de la mezcla de almidón, polyacrilato y/o alcohol polivinílico. Produce desechos líquidos ocasionados por el proceso de enjuague y lavado de la barca.
4. **Encanillado:** Consiste en organizar las fibras que irán a formar la trama en un carrete metálico llamado canilla. Este proceso no produce desechos líquidos.

5. **Tejeduría:** Consiste en producir la tela cruda, mediante la disposición de la trama hilo por hilo, a través de la urdimbre previamente engomada. Tampoco producen desechos líquidos.
6. **Descrudado:** Es el proceso de lavado del tejido crudo, con el propósito de eliminar las sustancias adheridas en la tela durante el engomado, además de las impurezas propias del tejido. Se usa amoníaco y detergente no iónico en solución y agua caliente. Los desechos líquidos producidos se deben a la operación de enjuague de la tela. Este desecho es bastante alcalino con temperatura elevada, alto contenido de sólidos en suspensión y color ámbar lechoso.
7. **Teñido:** Es el proceso químico que da el color a la tela, se emplean colorantes orgánicos, ácido acético, detergente no humectante, mordientes (sustancia para fijar el color en la tela), sulfato de cobre y algunas veces dicromato para hacer inversiones de color. Es un sistema que produce descargas puntuales por el enjuague de la tela teñida. Esta parte del proceso industrial es quizá la que más representación tiene como contaminante. El pH de éste desecho es cercano a 6 y la concentración de color es considerable.
8. **Secado:** Se realiza previo a otros procesos y también como acabado último de la tela que sale para revisión y luego al comercio. Sólo se producen descargas por agua de enfriamiento.
9. **Estampado:** Es un proceso especial de teñido en el cual se graba sobre la tela adornos o figuras especiales. Se usan colorantes orgánicos y ciertas sustancias que sirven de vehículo al colorante, tales como espesantes, varsol, emulsionantes, acrilatos, suavizantes a base de

silicona alginato sódico, ácido tartárico. Los desechos líquidos provenientes de esta operación son en forma muy irregular y se originan en el lavado de los recipientes y lavado de los cuadros de fotograbado. Además se tienen los desechos continuos de la limpieza automática de la máquina.

10. Vaporización : Es la operación que garantiza la fijación definitiva de los colorantes. Las telas se someten a alta presión y temperatura. El único desecho producido es el vapor condensado.

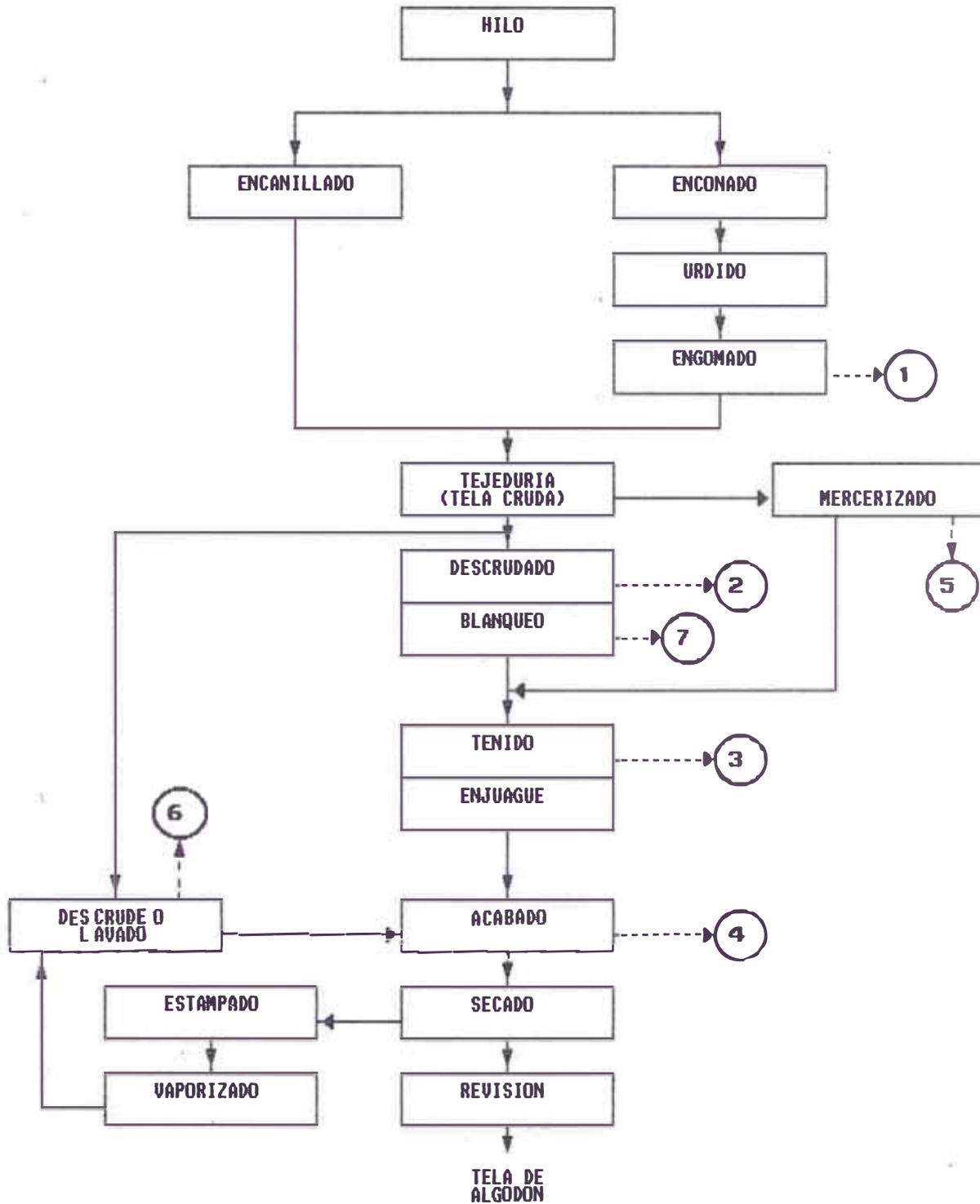
11. Lavado de estampado en barcas : Tiene como objeto lavar los pigmentos emulsionantes que contiene la tela proveniente del vaporizador. Se usa para este proceso hidrosulfito de sodio, carbonato de calcio y detergentes. Los desechos líquidos producidos contienen restos de estos compuestos, además de los pigmentos liberados por la tela.

12. Acabado : Ultimo proceso que se le hace a la tela antes de salir al mercado. Puede hacerse por medio del apresto o acabado químico; o por termofijación o acabado en seco.

12.1 Apresto : Acabado químico que da a la tela las características de suavidad y brillantez necesarias en una tela bien confeccionada. Se usan acetatos de polivinilo, acrilatos, resinas de melaneria, siliconas dependiendo su uso del tipo de tela a acabar; se produce descarga puntual.

12.2 Termofijación : Es el acabado en seco para el tejido de punto, por medio de equipos que funcionan con vapor.

GRAFICO 9.3
PROCESO DE FABRICACION DE TEJIDOS
ALGODON



-----AGUA DE DESECHO

Aqua de desechos

1. DBO, sólidos sedimentables, detergentes, grasas.
2. Concentraciones de amoniaco, detergente iónico, desecho bastante alcalino con temperatura elevada, DBO elevada, sólidos totales alto.
3. Desechos neutros o alcalinos, colorantes orgánicos, ácido acético, detergente no humectante, DBO, DQO, fenoles, color, sales, sulfato de cobre, dicromato,
4. DBO, fenoles, detergentes, DQO.
5. Alcalino, DBO bajo, pocos sólidos sedimentables, grasas y detergentes.
6. Alcalino, DBO, grasas, detergentes, sólidos sedimentables.
7. Muy alcalinos, concentraciones de lechada de cal o de sosa, DBO alta, sólidos, grasas y aceites.

Algunos valores de pH en los residuos líquidos *

Valor Promedio	8.0 - 11.0
Descrudado	10.0 - 13.0
Blanqueo	8.5 - 9.6
Merцерización.	5.5 - 9.5
Teñido :	
Básico	6.0 - 7.5
Colores desarrollados	5.0 - 10.0
Directo	6.5 - 7.6
Indigo	5.0 - 10.0
Naftol	5.0 - 10.0
Azufre	8.0 - 10.0
Tinción a la tina	5.0 - 10.0

- * Adaptada de la obra "Una guía de residuos industriales para la industria textil del algodón", Servicio de sanidad pública de los Estados Unidos.

Referencias

- CENTRO DE INVESTIGACIONES TEXTILES, INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL, ... "Características y tratamiento de los desagues industriales textiles", Argentina, 1981
- NEMEROW, Nelson Leonard, "Aguas residuales industriales", H. Blume Ediciones, 1977
- SERVICIO DE SANIDAD PUBLICA DE LOS ESTADOS UNIDOS, "Una guía de residuos industriales para la industria textil del algodón"
- STERLING, C., ARIAS, R., "Manual del curso sobre tratamiento de desechos líquidos industriales" Tomo I, Asociación Colombiana de Ingenieros, Colombia, 1978

9.4 INDUSTRIA DE TEXTILES DE LANA

La fibra de lana tiene uso textil, palabras estas que significan que se puede tejer, obteniéndose tejidos de múltiples empleos.

La lana es la cobertura vellosa de varias especies animales, de las cuales la más importante es la oveja, de la cual se extrae una vez al año mediante corte con tijeras o esquileo.

Características del proceso

1. **Lavado:** La lana al llegar a la fábrica es sometida a un lavado para eliminar las diferentes sustancias o impurezas que contiene y que impiden su posterior procesamiento. Según su uso futuro esta lana lavada es sometida a diferentes operaciones que permiten la confección de tejidos.
2. **Cardado:** Esta operación permite separar individualmente las fibras de la lana lavada formando con ellas una cinta continua. Tiene lugar también la remoción casi total de los vegetales. Se usa una máquina denominada carda que tiene cilindros rotativos revestidos de púas; la fibra pasa entre dos de estos cilindros formando un velo que se condensa a la salida en una cinta.
3. **Peinado:** Estas cintas deben ser trabajadas para disponer las fibras paralelas entre sí en una peinadora, donde se forma el "tops", que es una cinta de lana peinada.
4. **Hilatura:** Tiene por objeto reducir a hilo la lana, luego de haber sido peinada colocándola en una cinta transportadora y rociada con una emulsión de aceite y agua.
5. **Urdido:** En esta operación los hilos se colocan paralelamente unos a otros para formar un tejido.

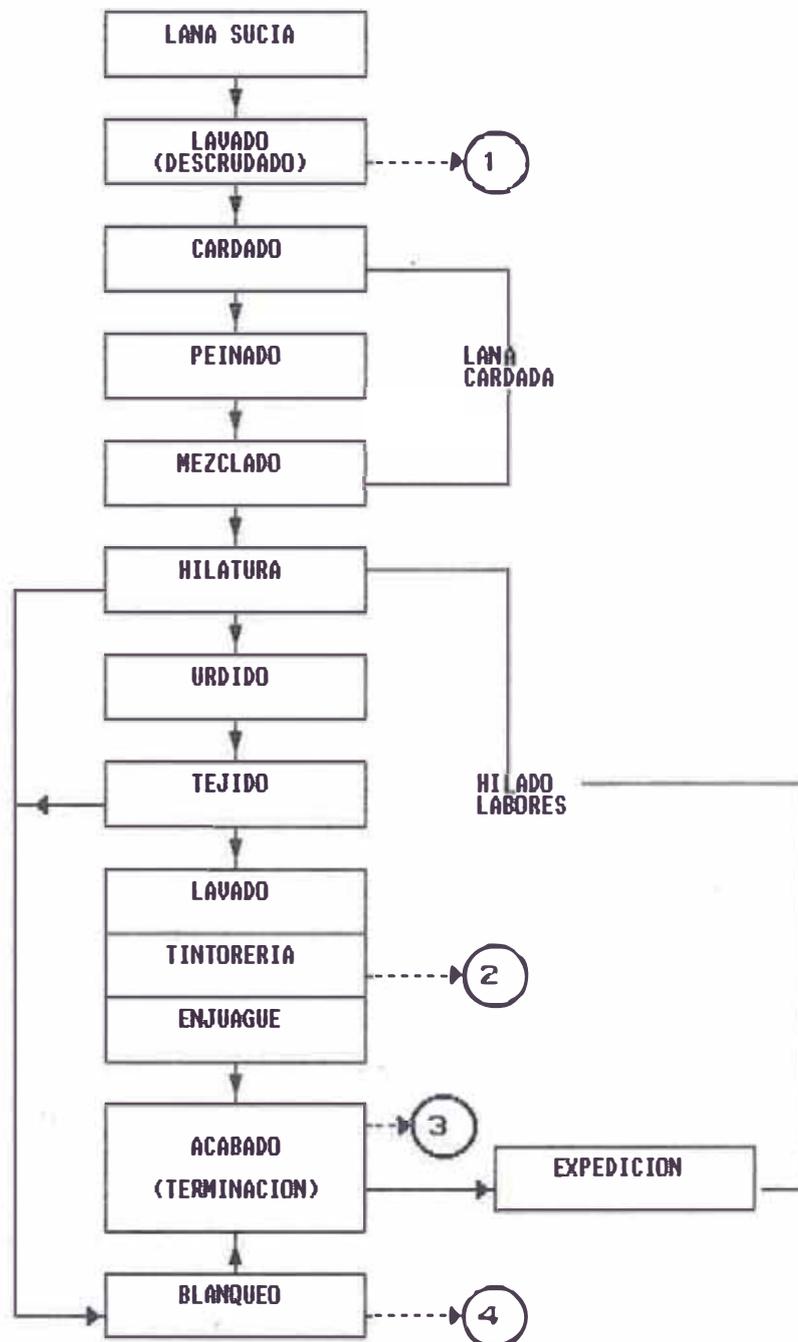
6. **Tejido:** Se forma la tela con la trama y urdimbre.
7. **Tintorería:** Se coloca la lana en tanques o calderas de teñimiento. Se llena la caldera con agua adicionándose después sal, ácido y colorante. Se hierve la solución por cerca de una hora. El material es transportado y secado.

Las tintorerías generalmente realizan algunos procesos secundarios que tienen relación con el teñido. Entre ellos está el lavado de hilos y tejidos para remover el aceite de la hilatura, que podría causar una resistencia a la absorción del colorante.

Para corregir errores de teñido y transformación de color, es necesario muchas veces blanquear la lana y así prepararla para recibir teñido con nuevo tono. El blanqueo envuelve el uso de agente reductor en solución alcalina o ligeramente ácida, el que va a depender del agente reductor.

8. **Acabado:** El acabado es aplicado especialmente en los tejidos. La primera etapa del acabado es el apisonamiento, en el cual los tejidos son embebidos con una solución de jabón y pasan por una serie de molinos de rollo hasta que estén compactas. Los tejidos son entonces lavados y secados.

GRAFICO 9.4
PROCESO DE FABRICACION DE TELAS LANA



----- AGUA DE DESECHO

Agua de desechos

1. Lavado (descruce): pH, DBO, sólidos sedimentables, grasa, detergentes, temperatura.
2. Tintorería: pH, DBO, DQO, fenoles, color, detergentes, cromo.
3. Acabado: DBO, DQO, fenol, color, detergente, mercurio.
4. Blanqueo: pH, DBO, DQO, detergente.

Algunos valores de pH en los residuos líquidos (*)

Valores promedio	2.0 - 10.5
Estregado	9.0 - 10.4
Teñido	4.8 - 8.0
Lavado	7.3 - 10.0
Carbonizado	1.9 - 9.0
Blanqueo	6.0

(*)Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación, ECO/SEDUE

Referencias :

- CENTRO DE INVESTIGACIONES TEXTILES, INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL, ... "Características y tratamiento de los desagues industriales textiles", Argentina, 1981
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS, ... "Investigación sobre la tratabilidad de efluentes de lavaderos de lana - caso Uruguay", OPS, Universidad de la República, 1987
- NEMEROW, Nelson Leonard, ... "Aguas residuales industriales", H. Blume Ediciones, 1977
- STERLING, C., ARIAS, R., ... , "Manual del curso sobre tratamiento de desechos líquidos industriales" Tomo I, Asociación Colombiana de Ingenieros, Colombia, 1978

9.5 GALVANOPLASTIA

(Industria del Acabado de Metales)

Características del Proceso

El proceso del acabado de metales consta de las siguientes etapas:

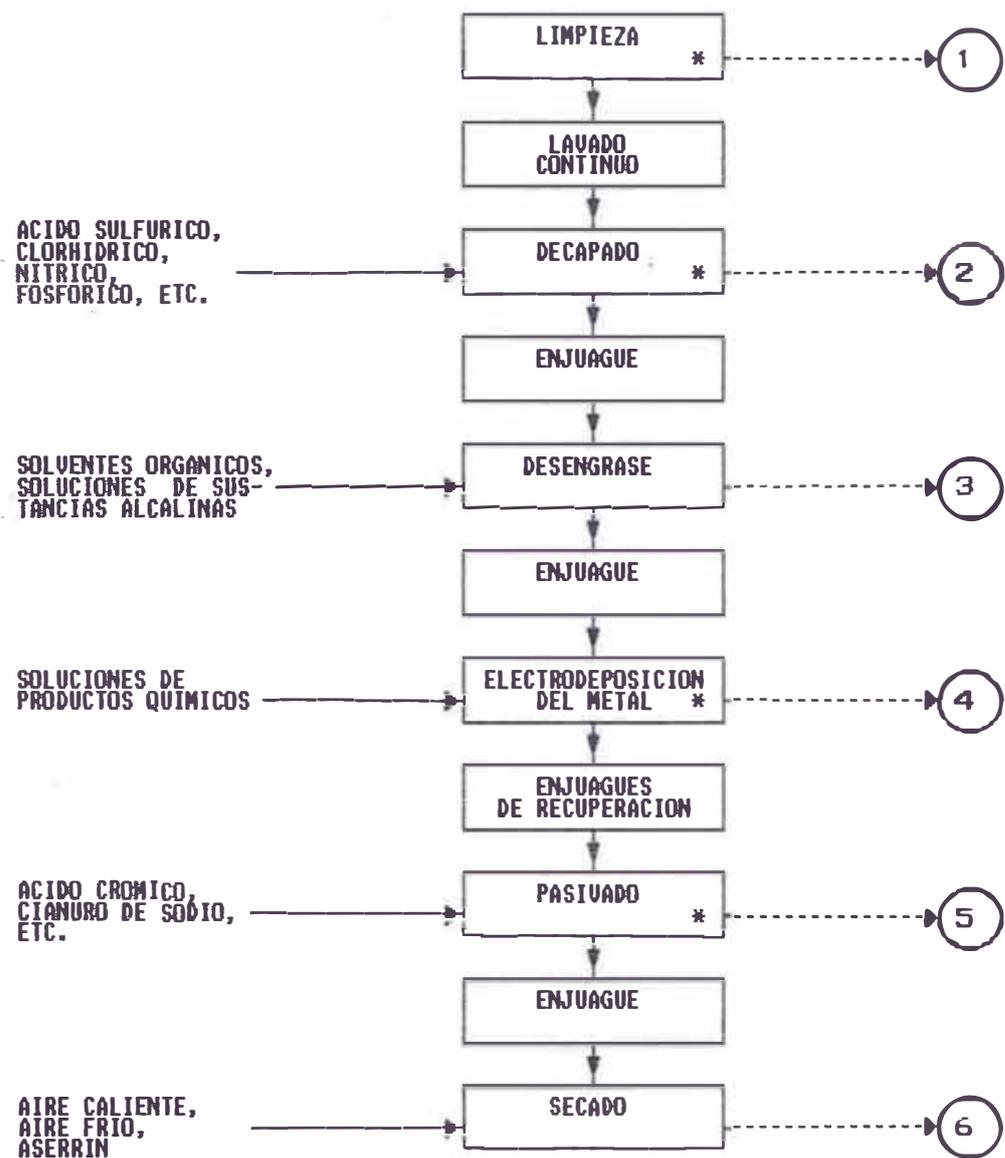
1. **Limpieza** : O pulido mecánico, tiene por objeto la remoción de óxidos superficiales, mediante la utilización de máquinas pulidoras.
2. **Decapado** : Consiste en la remoción de óxidos superficiales mediante la sumersión de las piezas en soluciones acuosas de ácidos inorgánicos; para ésto se utilizan el ácido sulfúrico, clorhídrico, nítrico, fosfórico, etc.
3. **Desengrase** : Operación en la cual se remueven aceites, grasas y otras impurezas adheridas a la superficie; se hace de dos formas:
 - 3.1 Por sumersión de la pieza en solventes orgánicos como el tricloroetileno; y
 - 3.2 Por sumersión de las piezas en soluciones de sustancias alcalinas, como hidróxido de sodio, carbonato de sodio, fosfato trisódico, cianuro de sodio, agentes tensoactivos, etc.
4. **Electro-deposición del metal** : Es la deposición del metal en la superficie. Esto se realiza por sumersión de las piezas en soluciones de productos químicos y mediante la aplicación de un diferencial de potencial entre las piezas metálicas (cátodo) y el ánodo del metal a depositar. Los productos utilizados son de acuerdo al acabado;
 - 4.1 **Procesos ácidos** : Acido crómico, cloruro de níquel, cloruro de amonio, cloruro de zinc, ácido bórico, etc.; y

4.2 Procesos alcalinos : Óxido de cadmio, óxido de zinc, cianuro de cobre, cianuro de plata, cianuro de sodio, hidróxido de sodio, etc.

5. **Pasivado :** Es el aumento de resistencia de la superficie a la acción de agentes externos y mejoramiento de la calidad y aspecto. Se realiza por sumersión de las piezas en soluciones de productos químicos, como el ácido crómico, cianuro de sodio, etc.
6. **Enjuague :** Remoción de la película de productos químicos que queda adherida a la superficie luego de ejecutar cada uno de los procesos anteriormente citados. Se realiza por sumersión de las piezas en agua o soluciones acuosas diluídas, por ejemplo agua, ácido acético, ácido clorhídrico, etc.
7. **Secado :** Remoción de la humedad superficial luego de un último enjuague. Esta operación se realiza en hornos de aire caliente y aire frío, y/o en cubas de aserrín.

GRAFICO 9.5

PROCESO DE ACABADO DE METALES



* SEGUN ACABADO UTILIZADO (VER CUADRO No 9.5)

----- DESECHOS LIQUIDOS

Agua de desechos :

1. Agua con partículas de metales y óxidos .
2. Agua conteniendo ácidos inorgánicos; ácido clorhídrico, sulfúrico, etc., sólidos sedimentables.
3. Agua conteniendo sustancias orgánicas; grasas, aceites, agentes tensoactivos, solventes orgánicos, ácidos grasos, (sustancias solubles en éter etílico). Además sustancias alcalinas; sales de sodio, carbonatos, fosfatos, hidróxidos, cianuros, tensoactivos, etc.
4. El agua proveniente de la electrodeposición del metal puede contener:
 - a) Sustancias orgánicas; citrato de sodio, dextrina, sacarina.
 - b) Ácidos inorgánicos; ácido crómico.
 - c) Sustancias alcalinas; cianuros de: sodio, cobre, cadmio, zinc, etc.
 - d) Metales pesados; ácido crómico, óxido de zinc, óxido de cadmio, etc.
5. Agua conteniendo metales pesados; ácido crómico
6. Agua con restos de aserrín

Referencias

- BABBITT, H.E., BAUMANN, E.R., "Alcantarillado y tratamiento de aguas negras", Compañía Editorial Continental S.A. ,1961
- DE TULLIO, L., BURBARESI, C., CARBAJAL, A., "Mejoras tecnológicas para la disminución de la carga contaminante en industrias de acabado de metales", Centro de Investigación de Ingeniería Ambiental, Argentina, 1985
- DIRECTORIO DE PESQUISA, "Tratamiento de residuos líquidos de la pequeña industria - Galvanoplastia", Superintendencia de pesquisas de aguas y residuos, 1985
- NEMEROW, Nelson Leonard, "Aguas residuales industriales", H. Blume Ediciones, 1977

CUADRO N°9.5**LIMPIEZA :**

- Cobreado : limpieza electrolítica o química
- Niquelado : limpieza electrolítica catódica; y
limpieza electrolítica anódica
- Cromado : limpieza electrolítica o química
- Zincado : limpieza electrolítica o química

DECAPADO :

- Cobreado : con ácido clorhídrico (5%)
- Niquelado : con ácido sulfídrico (5%)
- Cromado : con ácido sulfídrico
- Zincado : con ácido sulfúrico (5%)

ELECTRO-DEPOSICION DEL METAL :

- Cobreado : pre-cobreado cianhídrica; y
electrólisis de cobre ácido o básico
- Niquelado : solución de níquel brillante
- Cromado : solución de cromo
- Zincado : solución de cianuro de zinc

PASIVADO :

- Cobreado : lavado en caliente
- Niquelado : inmersión en solución de jabón
- Cromado : lavado por pulverización con niebla
- Zincado : lavado por pulverización; e
inmersión en abrillantador (HNO_2)

Nota: Además existen acabados como: Fosfatado, Abrillan-
tado, Estañado, Plateado, etc.

9.6 CURTIEMBRE

(Industria del cuero)

En el matadero la piel del animal desollado es sometida al proceso de salado. A través de esta operación se aumenta la resistencia a la acción de los microorganismos, pudiendo ser almacenado por algunos meses. Cuando el matadero se sitúa en un local próximo a la curtiembre, tornándose posible el procesamiento inmediato de las pieles, la operación de salado puede ser obviada.

El proceso de curtido consta de tres etapas básicas:

Ribera, Curtido y Acabado.

1. RIBERA

1.1 Remojo: tiene por objeto restaurar la humedad de la piel y remover la suciedad, sangre, sal, etc. El remojo es realizado en tanques o cilindros rotativos en los cuales las pieles son inmersas en baños de agua, que contienen además detergente, productos humectantes y bactericidas.

1.2 Pelambre: En esta operación se remueven los pelos de la epidermis a fin de mejorar el curtido. El pelambre es realizado en cilindros rotativos en los cuales las pieles son inmersas en baños alcalinos (generalmente con cal hidratada), que contienen reductores tales como el sulfato de sodio y bisulfito de sodio.

1.3 Descarne: Consiste en la separación de la carne. El descarnado puede ser realizado manualmente o por máquinas especiales, que se regulan de acuerdo con el espesor de la piel.

1.4 Dividir: Como su nombre lo indica, esta operación es para dividir la piel. Generalmente, se obtienen dos partes, la que estaba en contacto con la carnaza (tejido adiposo subcutáneo y muscular) que recibe el nombre de "raspadura" o "corteza" y la parte externa que recibe el nombre de "flor" o "vaqueta". La división es

realizada por una máquina especial donde la piel pasa por dos rollos y es dividida por la acción de una faja giratoria.

1.5 Desencalado y purgado: Tienen por objeto respectivamente, remover el exceso de cal y sulfato de las pieles y prepararlas para el proceso de curtido, tornándolas más macisas, porosas, flexibles y menos arrugadas. El desencalado es realizado en cilindros rotativos en los cuales las pieles son inmersas en baños conteniendo soluciones de sulfato de amonio y ácidos. El purgado es realizado en los mismos cilindros y las pieles son lavadas con enzimas proteolíticas u hongos y sales de amonio, que tienen la función de remover las proteínas globulares y materiales queratinosos degradados.

1.6 Piquelado: Esta operación es para evitar el hinchamiento de las pieles y la precipitación de las sales de cromo durante la operación de curtido, a través de la acidificación de las mismas. El piquelado es realizado en cilindros rotativos en los cuales las pieles son inmersas en baños conteniendo ácidos orgánicos, tales como ácido láctico e inorgánicos, tales como ácido sulfúrico y ácido clorhídrico.

- 2. CURTIDO :** El curtido con cromo tiene por objeto transformar la piel en material no putrecible, por la acción entre el agente curtiente (cromo) y la piel, estabilizando definitivamente su estructura fibrosa a través de la acción reticular entre las cadenas polipepticas.

El curtido con cromo es utilizado en la producción de cueros leves, más resistentes a la acción del calor y el desgaste.

La piel absorbe sales de cromo en la proporción de 3% a 7% de su peso y normalmente esta operación es reali-

zada en el baño de piquelado, adicionándose sales de cromo con un mínimo de 1.5% y un máximo de 5% de Cr_2O_3 sobre el peso de la piel.

3. ACABADO: Hacen parte del acabado las operaciones que confieren al cuero las propiedades específicas de resistencia, flexibilidad y apariencia. Las principales operaciones son las siguientes:

3.1 Secado: Para remover la humedad del cuero. El secado es realizado pasando el cuero en rollos compresores revestidos con fieltros.

3.2 Rebajamiento: Esta operación es realizada para nivelar la superficie del cuero y uniformizar su espesor, ésto es realizado por máquinas constituidas por un cilindro con navajas.

3.3 Neutralización: Tiene por objeto retirar de la superficie del cuero las sales solubles de cromo, las sales alcalinas y ácidos libres, a fin de que las operaciones posteriores de teñido y engrase puedan ser realizados sin problemas para la apariencia y toque final del cuero. La neutralización es realizada en cilindros rotatorios, en los cuales los cueros son inmersos en baños conteniendo soluciones de formiato de calcio y carbonato de sodio o bicarbonato de sodio.

3.4 Teñido: Esta operación es realizada en cilindros rotatorios en los cuales los cueros son inmersos en baños de colorantes aniónicos. Los colorantes pueden ser naturales o sintéticos, actualmente estos últimos son los más utilizados. Esta operación puede ser realizada antes o después del engrase.

3.5 Recurtido: Esta operación es para conferir al cuero las características especiales deseadas. El proceso es semejante al curtido, siendo realizada en cilindros rotatorios conteniendo soluciones de tanatos sintéticos o naturales.

3.6 Engrase: Tiene por objeto evitar el agrietamiento del cuero y tornarlo más blando, doblable, fuerte y resistente al rasgón. Esta operación es realizada en cilindros rotatorios conteniendo baños de aceites y grasas animales, vegetales o minerales que se adhieren a la superficie del cuero.

3.7 Secado: Puede ser realizado por medio de diferentes procesos, dependiendo de las características deseadas en el producto final. Los procesos de secado más usuales son:

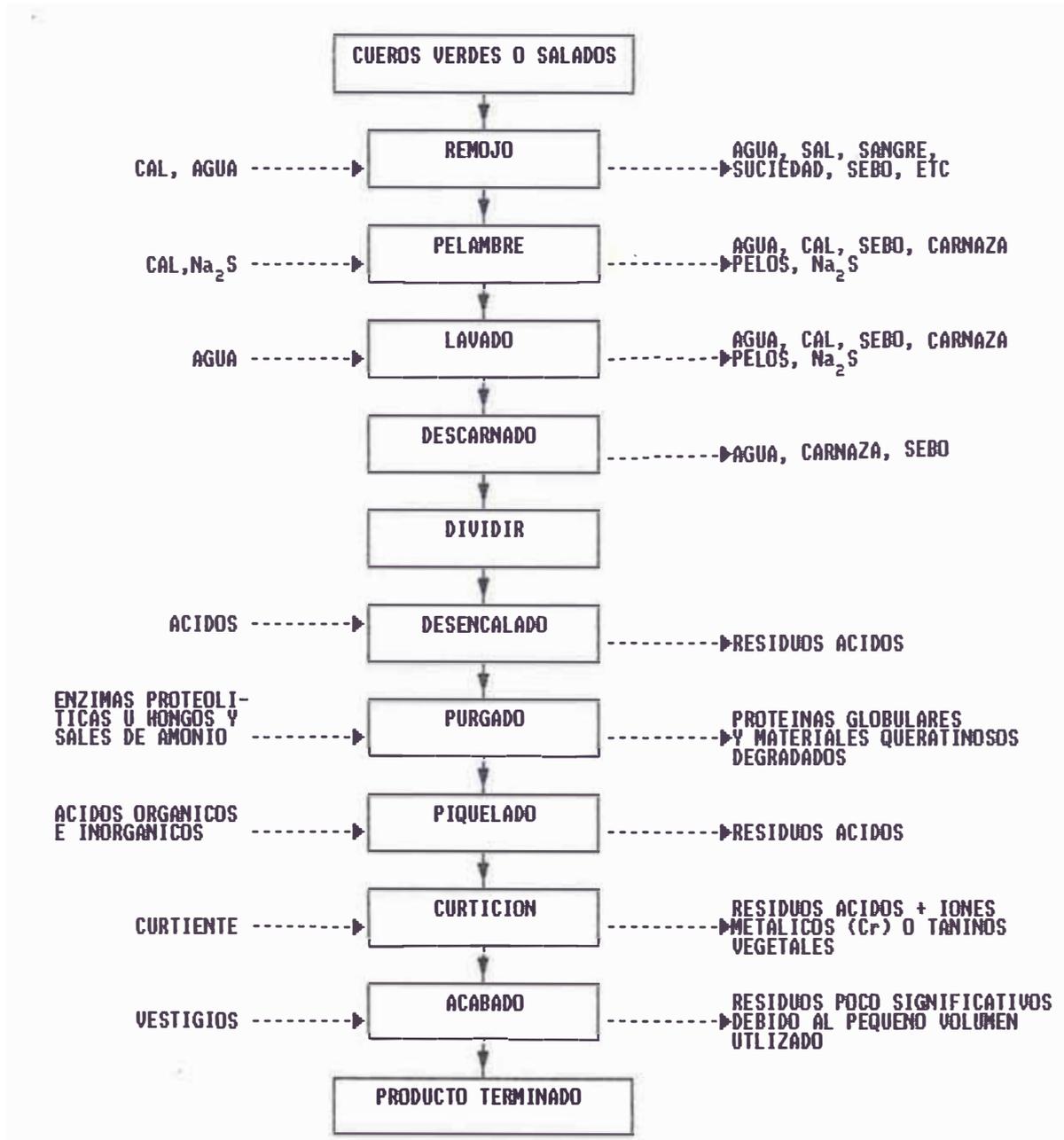
Secado al vacío; por medio de placas metálicas verticales calentadas por electricidad o vapor, en las cuales el cuero es fijado; y por medio de placas de vidrio que entran en una estufa, con control de humedad del aire y la temperatura.

Después del secado, el cuero pasa todavía por las siguientes operaciones: reacondicionamiento, ablandamiento, pintura, prensado y medición.

Referencias :

- BABBITT, H.E., BAUMANN, E.R., "Alcantarillado y tratamiento de aguas negras", Compañía Editorial Continental S.A., 1961
- DORIA, Alir, "Aspectos gerais do tratamento de resíduos de curtume", En: Revista DAE Nro.64,1966
- FORESTI, E., "Estudios preliminares de las características de aguas residuales de curtiembres", 1973
- NEMEROW, Nelson Leonard, "Aguas residuales industriales", H. Blume Ediciones, 1977
- PAZ MOROTO, J., PAZ CASAÑI, J., "Alcantarillado y depuraciones de aguas residuales", 1963
- VARGAS BEJARANO, C., CAICEDO PEÑA, E., "Control de la contaminación de curtiembres de Villapinzán", En: Revista ACODAL Nro.106-109, 1982

GRAFICO 9.6
PROCESO DEL CURTIDO DE CUEROS



10. TRATAMIENTOS CONVENCIONALES DE NEUTRALIZACION

Habiendo visto los procesos en los que se generan desechos ácidos o alcalinos de las principales industrias, hemos observado que en algunos de éstos se alcanzan valores excesivos de pH como en el caso del lavado de botellas en la industria de bebidas o en el decapado en el caso de la industria de acabado de metales, haciéndose necesaria su neutralización.

La acidez de un residuo líquido industrial es atribuible a ácidos débiles, sales hidrolizables y ácidos minerales, siendo estos últimos probablemente el grupo más significativo; mientras que la alcalinidad se puede atribuir a la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos.

La neutralización de desechos líquidos con compuestos ácidos o alcalinos, se realiza de dos maneras:

1. Por la mezcla de desechos; y
2. Por la reacción del desecho con algún compuesto químico.

Los más conocidos para este propósito son:

Para neutralizar desechos ácidos:

- Carbonato de calcio
- Hidróxido de calcio
- Óxido de calcio
- Hidróxido de sodio
-

- Carbonato de sodio
- Bicarbonato de sodio
- Hidróxido de magnesio

Para neutralizar desechos alcalinos:

- Acido sulfúrico
- Acido clorhídrico
- Dióxido de carbono

Los factores que guían la selección del reactivo para la neutralización son: el costo, la capacidad de neutralización, la tasa de reacción, el almacenamiento y la disposición final de los productos de neutralización, entre otros.

Los métodos de neutralización recomendados por su economía y facilidad de operación son los que a continuación veremos en sus aspectos más importantes.

MEZCLA DE VERTIDOS

Consiste en mezclar adecuadamente desechos ácidos con desechos alcalinos en el momento apropiado para producir la neutralización, esto normalmente requiere algún período de retención de cada vertido para evitar desequilibrios en acidez o alcalinidad.

Los desechos ácidos o alcalinos pueden provenir de un determinado proceso industrial, o de distintos procesos industriales generados en una sola industria, como por ejemplo en la industria del curtido de pieles. Existe también la posibilidad de mezclar desechos de dos o más industrias, como en el caso de la industria de tejidos de algodón con la industria del acabado de metales. En ambos casos se deben tener en cuenta entre otras cosas, la continuidad, volúmenes y características de las descargas, además de la proximidad de las industrias en el segundo caso.

Este vertido neutralizado que resulta de la combinación se puede eliminar más fácilmente y la industria o industrias resuelven su problema de una forma económica, conveniente y técnica.

NEUTRALIZACION DE DESECHOS ACIDOS

Neutralización con carbonato cálcico

Consiste en hacer pasar un desecho ácido a través de un lecho de carbonato de calcio (piedra caliza), los flujos pueden ser horizontales o verticales (ascendente o descendente), a una velocidad de 40.0 lt/min/ m² o menos.

Si el desecho líquido contiene ácido sulfúrico en una concentración mayor a 0.3% no es conveniente usar este método para evitar que la piedra caliza llegue a ser cubierta con una capa poco soluble de sulfato cálcico, proveniente de la reacción del carbonato cálcico con el ácido sulfúrico.

Es preferible el uso de sistemas con flujo ascendente, ya que favorece el arrastre del sulfato cálcico antes que precipite sobre la superficie del lecho, disminuyendo así su eficiencia.

Este método es uno de los más económicos pero tiene el inconveniente de la eliminación periódica del lecho de carbonato cálcico, dependiendo de la cantidad y calidad de los vertidos ácidos que pasen a través del lecho.

Neutralización con lechada de cal

También llamada neutralización con suspensión de cal concentrada, la que tiene un poder altamente neutralizante. Consiste en agregar en forma continua una suspensión de cal concentrada al flujo del desecho ácido, requiriéndose para la reacción un tiempo de contacto ya que la cal actúa lentamente, pudiéndose acelerar esta reacción calentando u oxigenando la mezcla.

Debido a la dificultad que presenta la cal en su manejo, es necesario tener en cuenta que el caudal en lo posible sea continuo y aproximadamente constante, así se evitan los dispositivos de control en la dosificación de la suspensión de cal.

La neutralización con lechada de cal es un método relativamente económico, pero los costos se incrementan cuando se usa en grandes cantidades (se requieren consideraciones especiales en el manejo y almacenamiento de la cal), por lo que es más recomendable utilizarlo en pequeñas unidades de tratamiento.

Neutralización con soda cáustica

Consiste en agregar soluciones concentradas de hidróxido de sodio o carbonato de sodio a un desecho ácido; siendo éstos los más reactivos de los agentes comunes en la neutralización de desechos ácidos; su alto precio limita su uso. Tiene sin embargo ciertas ventajas que deben ser consideradas como por ejemplo, su alta tasa de reacción, se requieren menores volúmenes de agente neutralizante, los productos de la reacción son solubles (pequeño volumen de lodo producido) y no incrementan la dureza de las aguas residuales. Si este método quiere ser utilizado, es necesario tener en cuenta dispositivos de material adecuado (PVC, acero inoxidable, etc.) para el almacenamiento y dosificación de la soda.

NEUTRALIZACION DE DESECHOS ALCALINOS

Neutralización con dióxido de carbono

La neutralización con dióxido de carbono es uno de los métodos más económicos en la neutralización de desechos alcalinos, sobre todo cuando este gas se obtiene de un residuo gaseoso (gases de combustión) siempre que la concentración del mismo sea igual o superior al 14%.

Este método consiste en introducir el gas carbónico en la masa líquida y la neutralización se produce al reaccionar el dióxido de carbono con el agua residual formándose el ácido carbónico, que a su vez reacciona con las aguas básicas para neutralizar el exceso de alcalinidad.

El dióxido de carbono puede ser obtenido embotellado, en este caso la aplicación debe ser en puntos donde el residuo líquido sea conducido a presión, para evitar que el gas se pierda en la atmósfera.

Neutralización con ácidos

Cualquier ácido puede ser usado para neutralizar desechos alcalinos, pero el costo de los mismos limitan su uso, siendo los más comunes el ácido sulfúrico y el ácido clorhídrico. Estos ácidos tienen tasas de reacción casi instantáneas.

El uso de ácidos en la neutralización es recomendable cuando los caudales son pequeños; pues una de las características de estos agentes es su gran poder de corrosión, obligando al uso de recipientes y dispositivos de control de materiales especiales. Cuando se usan en grandes cantidades aumenta el grado de dificultad en el manejo y control de los mismos.

11. EVALUACION DE UN SISTEMA DE NEUTRALIZACION

Como hemos visto anteriormente, la industria textil-algodón presenta un gran número de establecimientos y además el pH registrado en ellas está excesivamente fuera del rango permisible; por ello hemos creído conveniente evaluar un sistema de neutralización en este tipo de industria.

La industria seleccionada para este propósito es textil "El Amazonas", pues ella es la única de las industrias visitadas que presenta un sistema automático de neutralización.

Con el fin de conocer las características más importantes de la industria seleccionada, se elaboró una encuesta la cual es una adaptación de la utilizada por DIGESA en el estudio de residuos sólidos industriales. La encuesta se muestra en el Anexo Nro. 5.

11.1 CARACTERISTICAS DE LA INDUSTRIA

La encuesta llenada por el industrial, es la que se presenta a continuación,

- Información general :

Nombre de la industria : *Fabrica Nacional Textil "El Amazonas"*

Dirección : *Av. Argentina 1446, Lima*

Tipo de actividad : *Industria textil*

Area de la empresa : *Construida = 22,153 m²*
Libre = 19,464 m²
Total = 39,024 m²

Días de producción : *300*

Horario de trabajo : *24 horas x 6 días semanales*

Tipo de Producción : *Discontinua*

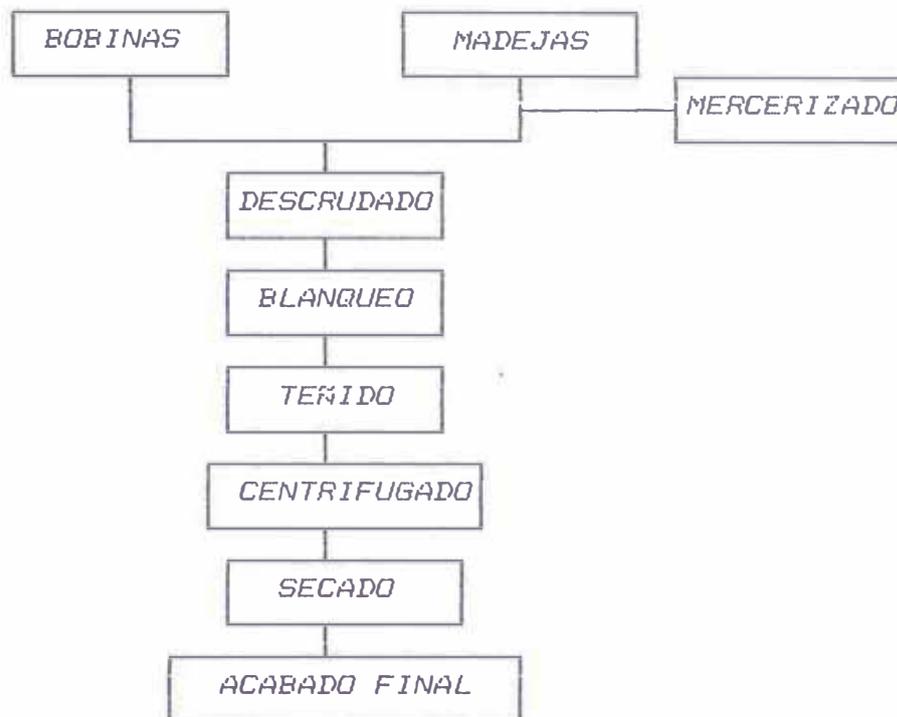
- Materias primas :

Nombre Comercial	Nombre Químico	Cantidad Promedio x mes
<i>Colorantes</i>	<i>Derivados orgánicos</i>	<i>0.4 - 0.6 Ton.</i>
<i>Tensoactivos</i>	<i>Cadenas lineares y aromáticos - sulfonados, condensado de ácidos grasos Aminos cuaternarios</i>	<i>2.0 - 3.0 Ton.</i>
<i>Dispersantes</i>		<i>2.0 - 3.0 Ton</i>

- Productos elaborados :

Nombre Comercial	Nombre Químico	Cantidad Promedio x mes
<i>Hilados e hilos de coser</i>	_____	_____

- **Diagrama de elaboración de productos :**



- **Consumo de agua :**

Fuente de abastecimiento : *Pozo profunda (propio)*

Caudal : Industrial = *(no fue proporcionado)*

Doméstico = *(no fue proporcionado)*

- **Efluente industrial :**

Tratamiento :

Tratamiento preliminar : *Rejas y sedimentador*

Tratamiento químico : *Neutralización*

Disposición final : *Red Pública*

11.2 PRODUCCION DE DESECHOS LIQUIDOS

La producción de agua de desecho (en la salida al colector de la red pública) proviene principalmente de las máquinas en las cuales se realiza la producción de hilos (en conos y madejas) y el agua de la regeneración de la resina de los ablandadores.

Las máquinas en las cuales se realizan los procesos de descrudado, blanqueo y teñido son las principales productoras del desecho líquido alcalino, además de la máquinas mercerizadoras (en las cuales se utilizan soluciones de hidróxido de cal). Estas máquinas tienen las siguientes capacidades

- 3 máquinas de 6,000 lts c/u
- 2 máquinas de 4,000 lts c/u
- 2 máquinas de 2,000 lts c/u madejas
- 4 máquinas de 700 lts c/u
- 1 máquina de 500 lts
- 1 máquina de 1,000 lts
- 3 máquinas circulares para conos
- 2 maq. mercerizadoras (con enjuagues cada 5')

Las máquinas realizan 10 a 15 descargas por partida (1 ciclo completo de producción), siendo el promedio de 12 descargas dependiendo esto del producto final que se desee obtener, ejemplo: para la producción de hilo de color blanco se realizan 15 descargas.

Además, se tiene que las máquinas de 6000, 4000 y 2000 lts realizan 5 partidas al día y las de menor capacidad 6 partidas al día.

Así, una partida de 10 descargas sería la siguiente:

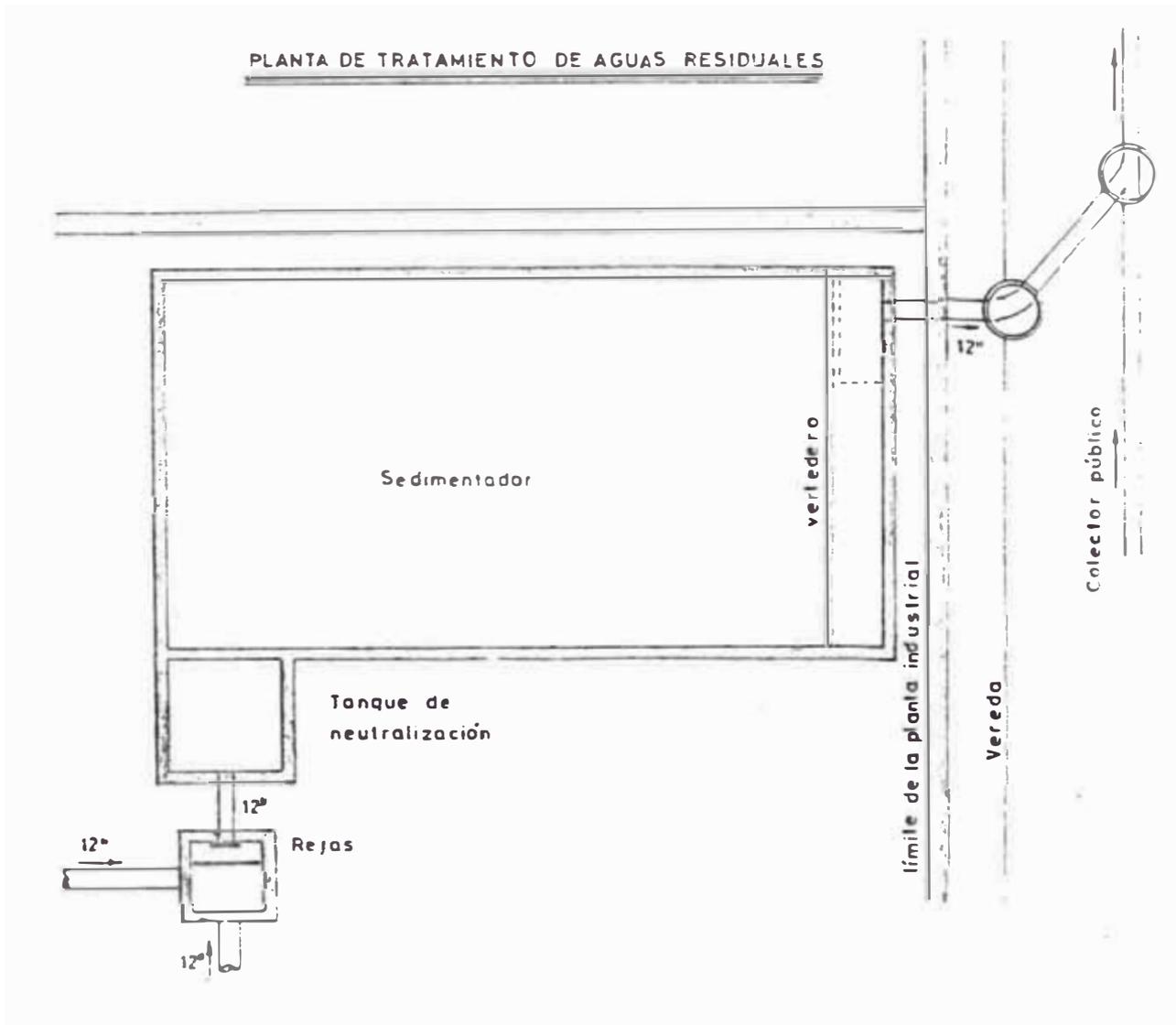
- Lavado (descrudado)
- Enjuague
- Blanqueo
- Teñido
- 1^{er} enjuague
- 2^{do} enjuague
- Neutralizado (con ácido acético)
- Enjuague
- Jabonado (para eliminar colorante)
- Enjuague

Al medir el tiempo en que demora descargar una máquina de 6000 lts, el resultado fue de 10 minutos, entonces, el caudal que descarga esta máquina es : 10 lt/seg.

Para la máquina de 700 lts. de capacidad el caudal de descarga fue de 7.8 lt/seg., al ser el tiempo de descarga de 90 segundos.

Según lo manifestado en la planta, se está trabajando con el 80% de las máquinas.

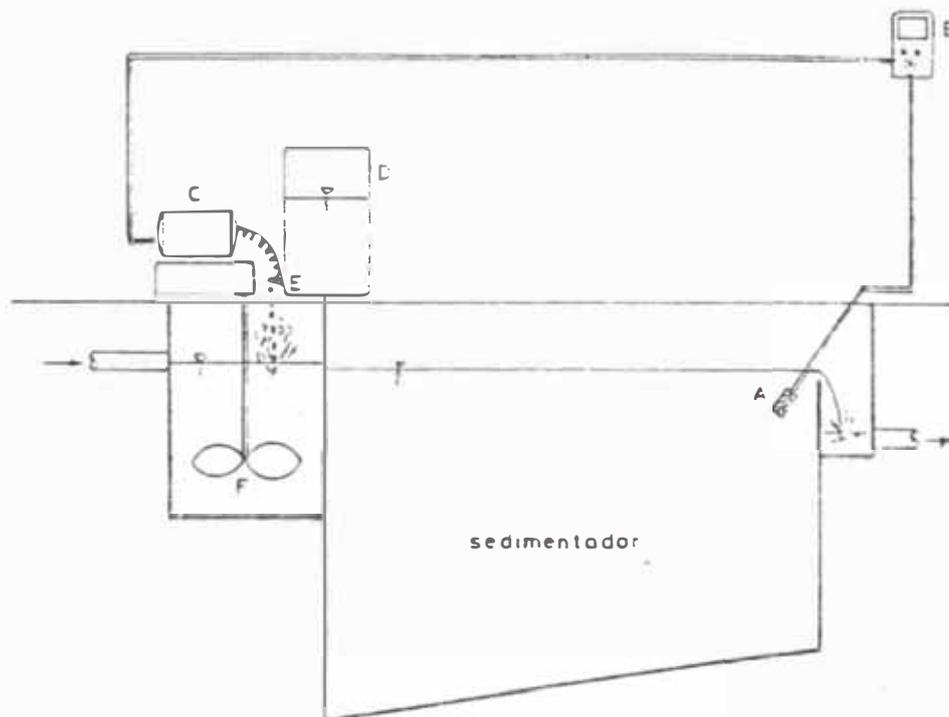
11.3 TRATAMIENTO DE DESECHOS



- **Descripción del sistema de neutralización :**

La neutralización de desechos alcalinos generados por la industria se realiza con un equipo instalado por ella, el cual consta de un potenciómetro, una bomba dosificadora de ácido sulfúrico y un agitador.

Las partes y el mecanismo de funcionamiento del sistema es el siguiente :



- A : Electrodo específico de pH
- B : Lectura de pH (digital)
- C : Bomba
- D : Recipiente con ácido sulfúrico al 50%
- E : Válvula dosificadora
- F : Agitador

Por lo manifestado por el industrial, el electrodo al registrar un valor de pH mayor a 7.0 acciona la bomba, la cual pone en funcionamiento la válvula dosificadora y el agitador. Cuando el electrodo registra valores menores a 7.0 para el sistema.

11.4 EVALUACION DEL SISTEMA DE NEUTRALIZACION

- Diagnóstico general de funcionamiento del sistema :

Según lo observado durante los días de inspección, podemos decir que el sistema funciona en general de la siguiente forma:

- La válvula E, goteaba por la unión entre la válvula y el bidón.
- El bidón estaba destapado presentando en su interior partículas extrañas.
- Había que agitar periódicamente el bidón pues en la parte inferior habían sólidos sedimentados que obturaban la salida del ácido.
- La dosificación de ácido no se lleva a cabo cuando el pH a la salida es mayor a 7.0 (que fue lo manifestado en la planta), sino en cualquier momento, llegando incluso a no dosificar nada cuando el pH de salida al colector era 8.7

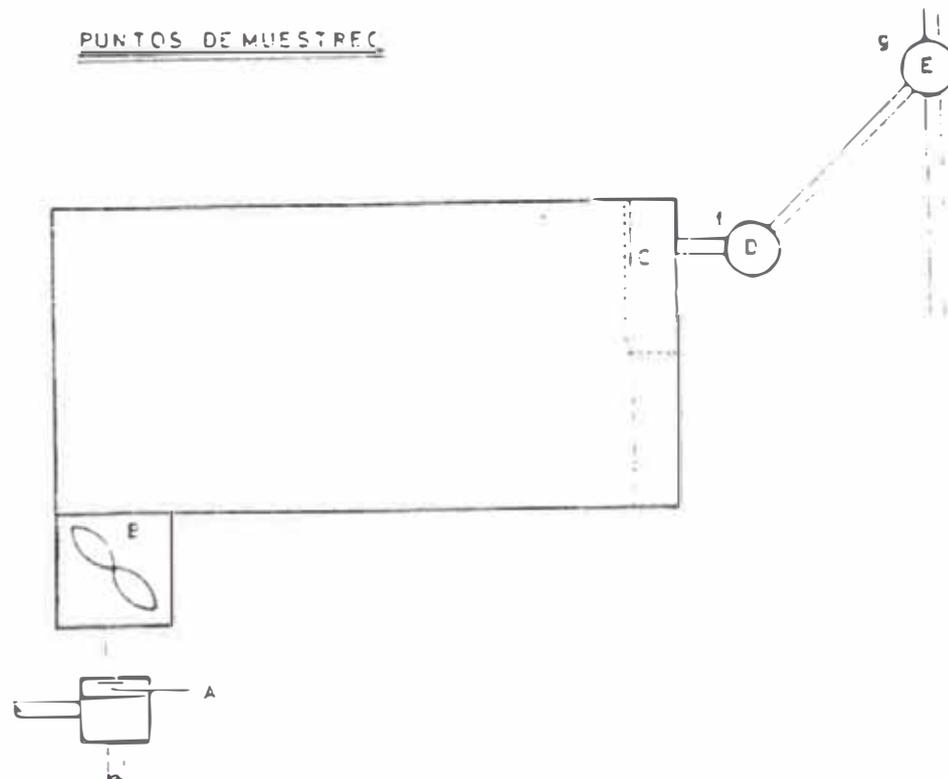
- Metodología :

El desarrollo de la evaluación se hará determinando los parámetros que estén involucrados en ella; como son la variación de pH y caudal en el tiempo; la relación entre la dosificación y las características del desagüe y mediante las curvas de titulación del desagüe crudo con el agente neutralizante se determinará el volumen necesario de éste por ciclo de producción.

Puntos de muestreo :

Los puntos de muestreo fueron seleccionados de tal manera que nos permitieran obtener la información necesaria para lograr nuestro objetivo.

En el diagrama se muestran dichos puntos



- A : Caja de inspección utilizada como cámara de rejillas
 B : Reactor de neutralización
 C : Vertedero
 D : Buzón de la red de alcantarillado

Determinaciones a realizarse

Las determinaciones a realizarse se harán de la siguiente manera :

- a. Determinación de la variación de pH antes y después del tratamiento
 El pH se midió en los puntos A y C utilizando un potenciómetro portátil
- b. Determinación de la variación de caudal descargado:
 Se determinó entre los puntos D y E, midien-

do la velocidad de flujo y el tirante ($Q = V \times A$)

- c. Determinación del caudal dosificado en el tiempo (ácido sulfúrico) :

Se determinó mediante la relación : $Q = \text{Vol.}/\text{tiempo}$

- d. Pruebas de laboratorio :

Se elaboraron curvas de titulación empleando desague crudo y agente neutralizante.

Se determinó la concentración del ácido utilizado por el industrial, mediante la titulación del ácido en una solución de concentración conocida de carbonato de calcio.

- Resultados obtenidos

- * Caudal del efluente industrial :

$$Q_{\max} = 24.17 \text{ lt/sg}$$

$$Q_{\min} = 9.16 \text{ lt/sg}$$

- * Caudal del agente neutralizante dosificado :

$$q_{\max} = 7.67 \text{ lt/h}$$

$$q_{\min} = 0$$

$$q_{\text{prom}} = 2.83 \text{ lt/h}$$

- * Valores promedio antes del tratamiento :

$$\text{Temperatura} = 37 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{Existen corrientes térmicas})$$

$$\text{pH} = 10.55$$

- * Valores promedio después del tratamiento :

$$\text{Temperatura} = 36.3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{S.S.S.} = 9.0 \quad (\text{Existen coloides, } 40\text{ml/lt/h})$$

$$\text{pH} = 7.66$$

En el anexo Nro. 6 se presentan los resultados completos de las mediciones realizadas.

Un resumen de los resultados de la evaluación se muestra en el cuadro 11.1

CUADRO 11.1 : RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACION

FECHA	PARAMETRO	PUNTO DE MUESTREO	VALOR PROMEDIO	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO
22/05/91	Temperat.	C	35.6	37.5	32.0
23/05/91	Temperat.	C	36.4	37.0	36.0
24/10/91	Temperat.	C	37.3	40.0	34.0
30/10/91	Temperat.	C	35.9	39.0	34.0
30/10/91	Temperat.	A	37.0	52.0	26.0
22/05/91	S. S. S.	C	2.6	4.0	1.0
23/05/91	S. S. S.	C	16.1	25.0	10.0
24/10/91	S. S. S.	C	40.0	40.0	40.0
22/05/91	pH	C	7.3	8.5	4.5
23/05/91	pH	C	7.5	11.0	4.0
24/10/91	pH	A	9.9	11.0	5.0
24/10/91	pH	C	7.8	8.3	6.6
30/10/91	pH	A	11.8	13.0	10.0
30/10/91	pH	C	7.7	8.5	5.8
04/11/91	pH	A	10.5	11.1	10.2
04/11/91	pH	C	7.9	9.0	6.3
-06/11/91	pH	A	10.0	11.0	7.9
06/11/91	pH	C	7.7	8,7	6.3

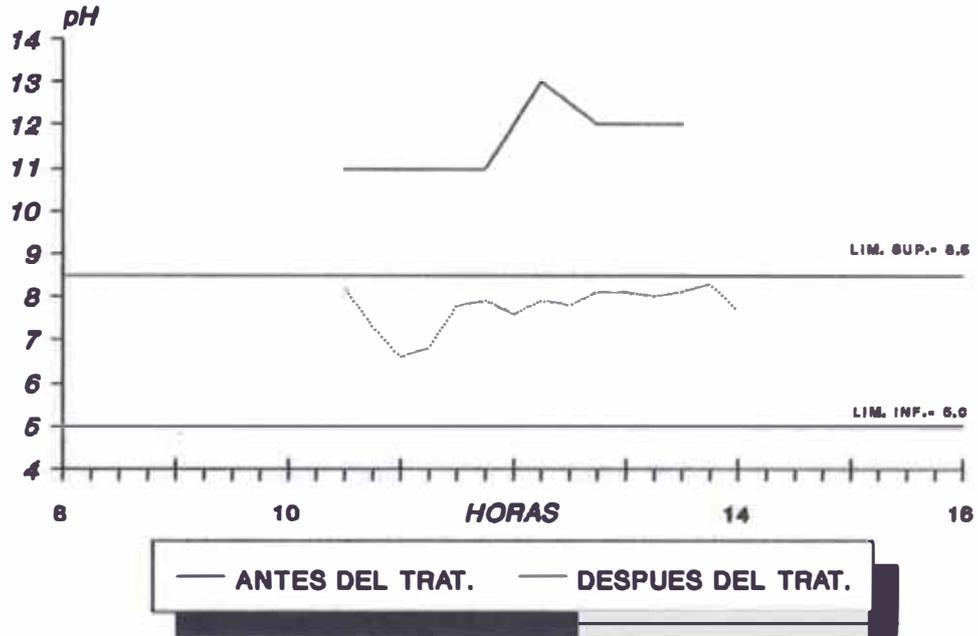
Unidades :

- Temperatura : Grados centígrados
- Sólidos Sedimentables Suspendidos : ml/lt/hr

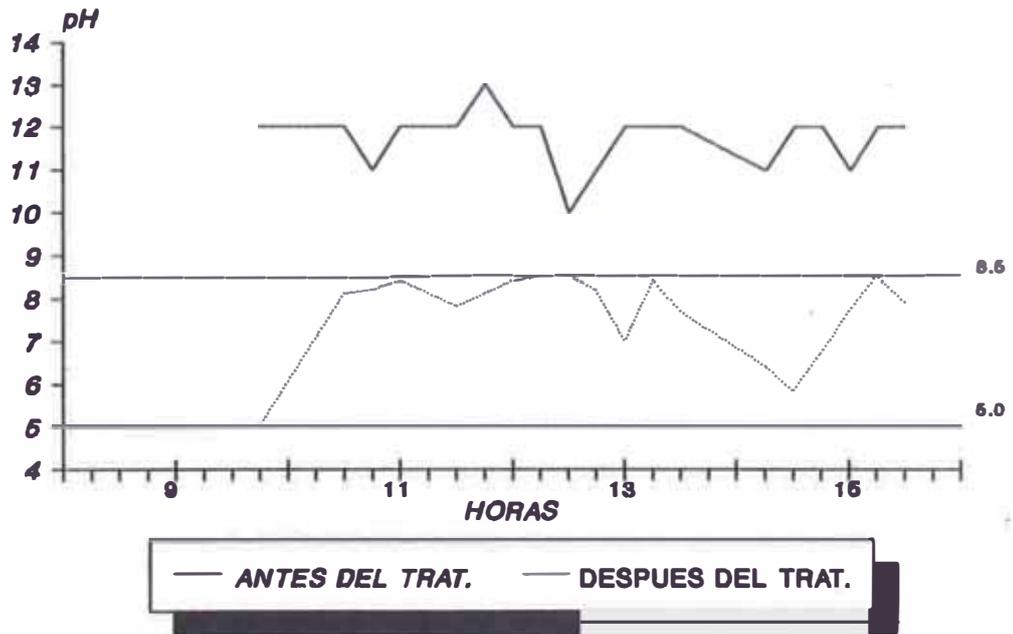
* A = Antes del tratamiento

* C = Después del tratamiento

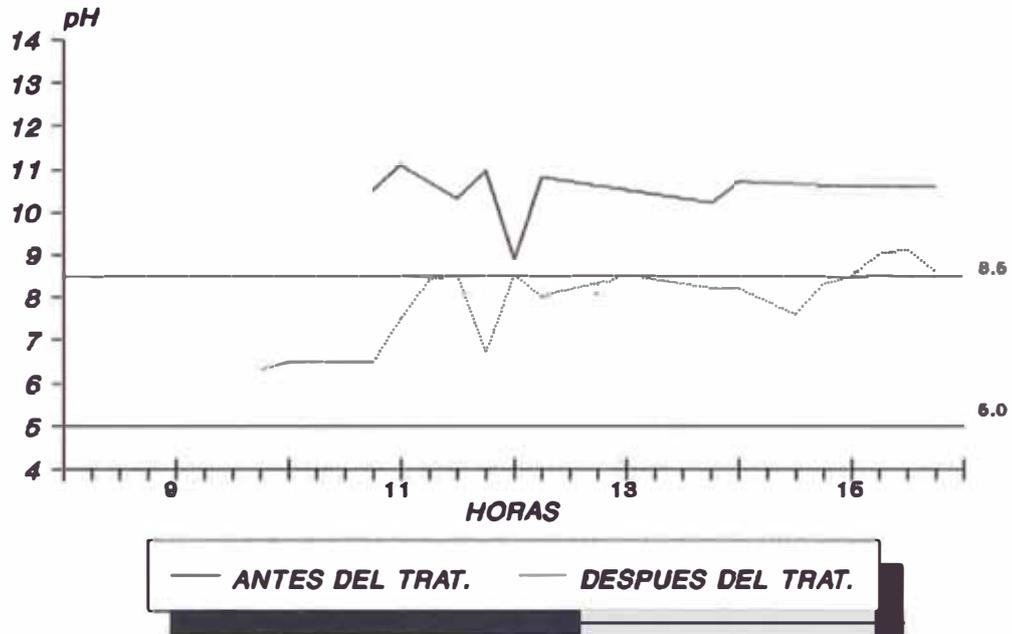
VARIACION DE pH vs. TIEMPO
24 - 10 - 91



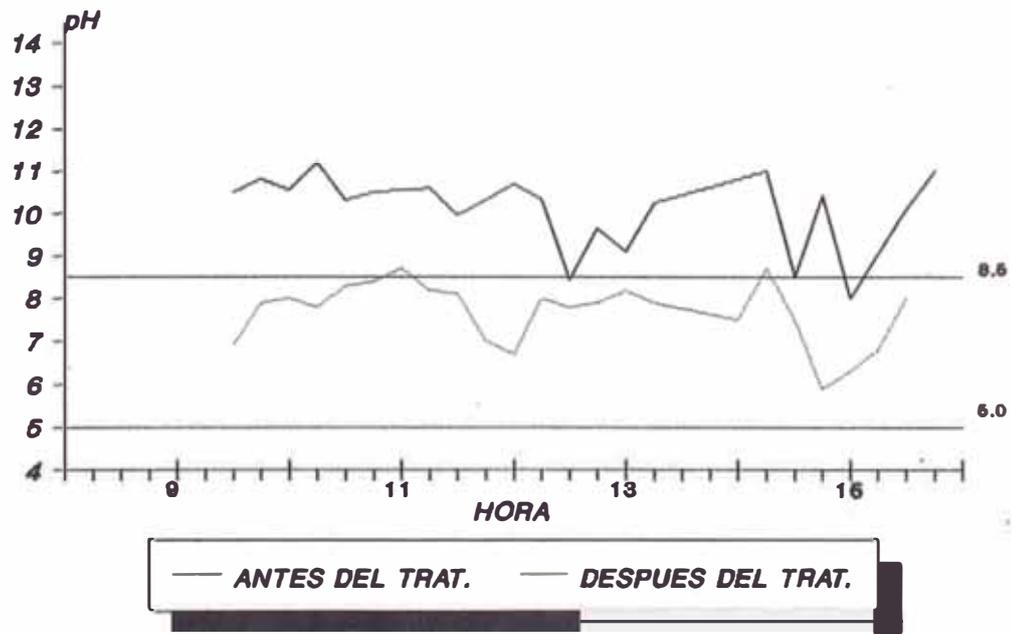
VARIACION DE pH vs. TIEMPO
30 - 10 - 91



VARIACION DE pH vs. TIEMPO
04 - 11 - 91



VARIACION DE pH vs. TIEMPO
06 - 11 - 91



*** Distribución de valores de pH en el efluente**

Con los resultados de pH obtenidos después del tratamiento, se elaborarán las frecuencias relativas y acumuladas como sigue :

Intervalos	n_i	N_i	$h_i(\%)$	$H_i(\%)$
[4, 5>	2	2	1.89	1.89
[5, 6>	4	6	3.77	5.66
[6, 7>	18	24	16.98	22.64
[7, 8>	28	52	26.42	49.06
[8, 9>	50	102	47.17	96.23
[9, 10>	3	105	2.83	99.06
[10, 11]	1	106	0.94	100.00

SUM $n_i=106$

n_i = Número de datos en el intervalo

N_i = Número de datos acumulados

$h_i(\%)$ = Frecuencias relativas porcentuales
 $(n_i / \text{SUM}n_i * 100)$

$H_i(\%)$ = Frecuencias relativas acumuladas porcentuales
 $(N_i / \text{SUM}n_i * 100)$

En los gráficos 11.1 y 11.2 respectivamente, se muestra la distribución de frecuencias relativas y acumuladas porcentuales.

GRAFICO 11.1

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS RELATIVAS PORCENTUALES DE LOS VALORES DE pH OBTENIDOS EN LA EVALUACION

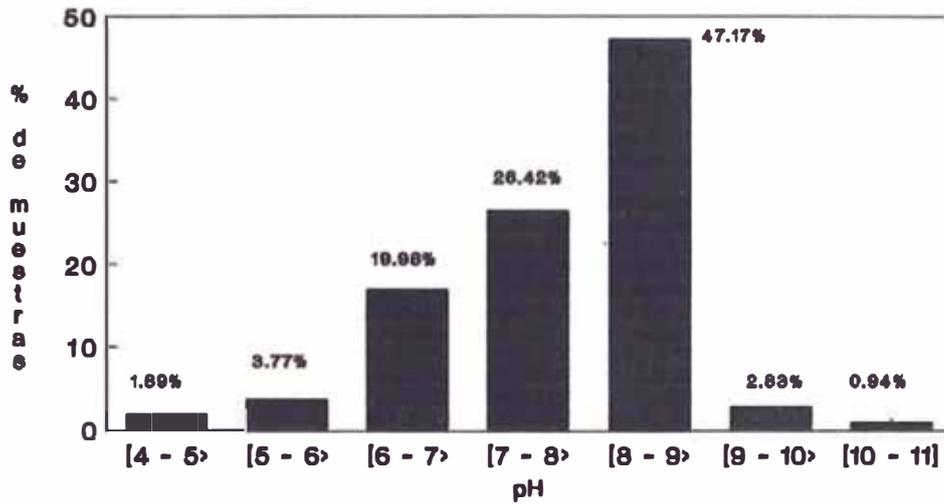
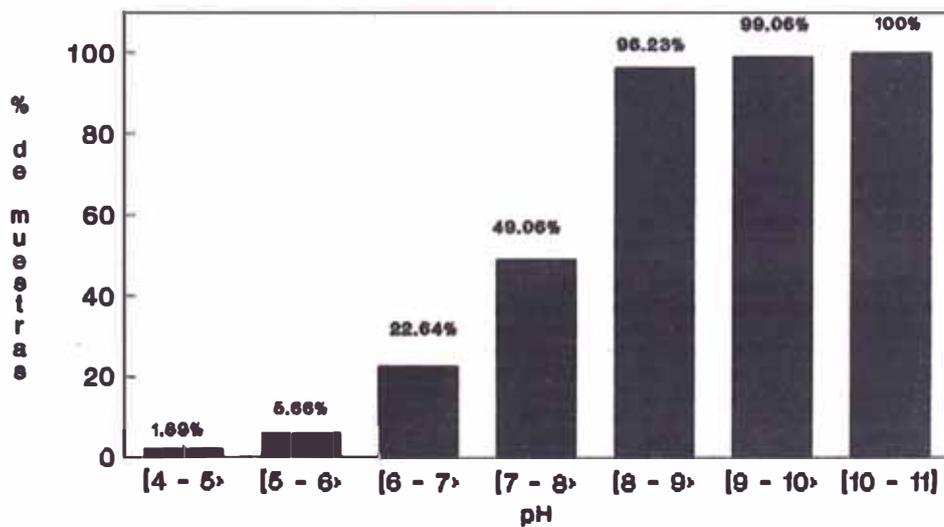


GRAFICO 11.2

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PORCENTUALES DE LOS VALORES DE pH OBTENIDOS EN LA EVALUACION



*** Cálculo del volumen de agente neutralizante necesario para neutralizar un volumen de muestra conocido.**

En base a las curvas de titulación presentadas en el anexo Nro. 6 , se determinará el volumen necesario de agente neutralizante utilizado en la industria (ácido sulfúrico) a diferentes concentraciones para lograr la neutralización a un pH = 8.5 .

Concentración (H ₂ SO ₄)	Temperatura (oC)	Volumen muestra (lts.)	pH inicial (pH prom. desague)	Vol. ácido (ml)	Vol. ácido para neutraliz. 1m ³ muestra
100%	38	0.5	10.55	0.17	340 ml
100%	40	0.5	10.55	0.16	320 ml
100%	40	0.9	10.60	0.33	367 ml
50%	38	0.9	10.65	0.50	278 ml
50%	38	0.9	10.60	0.60	333 ml

Para determinar el volumen de ácido a utilizarse en la neutralización por metro cúbico de desague se promediarán los valores obtenidos en el cuadro anterior:

(H₂SO₄) al 100% = 0.34 lts. / m³ de desague

(H₂SO₄) al 50% = 0.31 lts. / m³ de desague

- Interpretación de resultados

Viendo la variación de pH en el efluente descargado por la industria, presentada en los gráficos "Variación de pH vs. tiempo", se podría afirmar que el sistema de neutralización utilizado es eficiente. Es decir en todo momento se logra neutralizar el desague afluente, que como se ve en los gráficos es alcalino.

Observando detenidamente estos resultados tenemos que el promedio del pH en el efluente es 7.7 y que su variación estuvo entre los límites de los valores permitidos por el Reglamento (5.0 - 8.5); sin embargo, esto que estaría demostrando la eficiencia del sistema, desde el punto de vista económico no es óptimo. Si consideramos que la escala de pH es logarítmica, es decir que $\text{pH} = 9$ es 10 veces más alcalino que $\text{pH} = 8$ y que $\text{pH} = 10$ lo es 100 veces más; tener un rango de trabajo para la neutralización muy amplio como el observado no es económicamente recomendable, ya que se estaría logrando la neutralización con la dosificación de un exceso de ácido.

Dada la característica alcalina del desague afluente, el rango de trabajo para la neutralización debería ser menor y estar en el límite superior de la norma; es decir que la variación del pH en el efluente fluctúe entre 8.0 y 8.5 (por ejemplo), lo que mejoraría el sistema; ya que como se observa en el gráfico 11.2, el 49% de las muestras fue neutralizado a un pH menor de 8.0, significando esto que casi la mitad de las muestras fue neutralizado con un exceso de ácido; y que sólo el 47% de las muestras fue neutralizado a un pH entre 8 y 9 (gráfico 11.1).

Pero, ¿Cuánto agente neutralizante se requiere para lograr un pH final igual a 8.5 ?, veámoslo de dos formas:

1º La suma de los volúmenes de las máquinas es: 34.3m^3 ; cada máquina en promedio realiza 12 descargas por partida, luego tendríamos $34.3 \times 12 = 411.6 \text{ m}^3/\text{partida}$. Si consideramos que se trabaja al 80% :

$$\text{Vol. total : } 330 \text{ m}^3 / \text{partida}$$

- Para neutralizarlo con ácido sulfúrico al 100%, el volumen requerido de ácido sería :

$$\begin{aligned} V_a &= 0.34 \frac{\text{lt}(\text{H}_2\text{SO}_4)}{\text{m}^3 \text{ desague}} \times 330 \frac{\text{m}^3}{\text{partida}} \\ &= 112 \text{ lt}(\text{H}_2\text{SO}_4) / \text{partida} \end{aligned}$$

- Para neutralizarlo con ácido sulfúrico al 50%, el volumen requerido de ácido sería :

$$\begin{aligned} V_a &= 0.31 \frac{\text{lt}(\text{H}_2\text{SO}_4)}{\text{m}^3 \text{ desague}} \times 330 \frac{\text{m}^3}{\text{partida}} \\ &= 102 \text{ lt}(\text{H}_2\text{SO}_4) / \text{partida} \end{aligned}$$

En el segundo caso se necesitarían 102 lts. de agente neutralizante por partida; si cada partida se realiza en 8 horas el caudal del agente neutralizante requerido sería de 12.5 lt/hr, pero como hemos visto en el mejor de los casos la dosificación fue 7.67 lt/hr.

2º Considerando el caudal mínimo encontrado, como si fue se el caudal de la planta y aplicándole ácido sulfúrico al 50% :

$$\begin{aligned} V_a &= 0.31 \frac{\text{lt}(\text{H}_2\text{SO}_4)}{\text{m}^3 \text{ desague}} \times 32,976 \frac{\text{lt}}{\text{hr}} \\ &= 10.22 \text{ lt}(\text{H}_2\text{SO}_4) / \text{hora} \end{aligned}$$

Para neutralizar el caudal mínimo de la planta a un pH = 8.5 se requiere un caudal mínimo de dosificación de ácido sulfúrico al 50% de 10.22 lt/hr, siendo como se mencionó anteriormente en el mejor de los casos de 7.67 lt/hr.

Según estos análisis podemos afirmar que el caudal de ácido dosificado (7.67 lt/hora) no es suficiente para bajar el pH del desague ni a 8.5; esto comprueba versiones recogidas en la planta (obreros) y de observaciones realizadas, que solamente durante las inspecciones se pone en funcionamiento el sistema de neutralización y además se dosifica manualmente ácido conforme el pH del efluente se va alejando del límite.

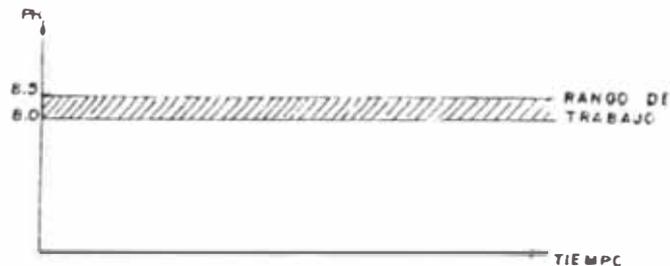
Propuesta de mejoramiento del sistema

Como hemos demostrado, el sistema de neutralización no funciona adecuadamente

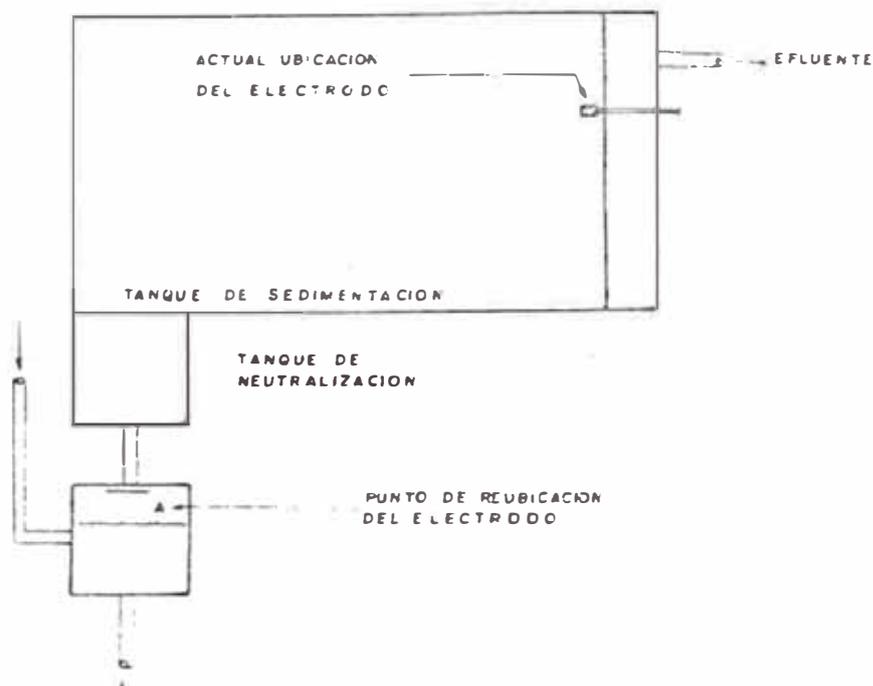
Durante la evaluación, el industrial hizo esfuerzos por mantener el pH de salida de la planta dentro del rango permisible por las normas, lo cual no garantiza que sea así siempre.

Por lo que proponemos:

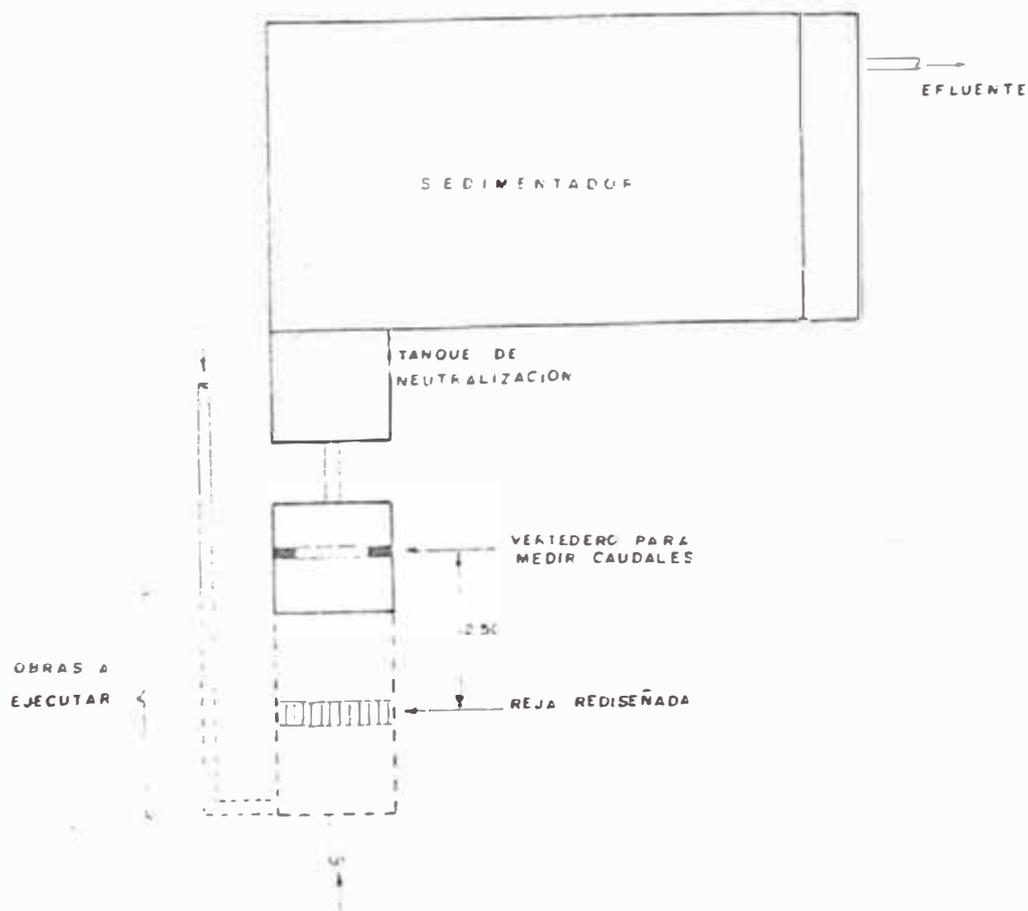
- Que el rango de pH del efluente este entre 8 y 8.5 para evitar un gasto innecesario de agente neutralizante.



- Esto se lograría reubicando el electrodo al punto A.



- El encendido del sistema de dosificación se haría al tener una lectura de pH en el punto A mayor de 8.0, la dosificación también tendría en cuenta el caudal que pasa.
- Para efectuar la medición de caudal se colocaría un vertedero, ampliándose además la caja a una longitud de 2.5 m. para uniformizar la cresta sobre el vertedero. Lo que se representaría así:



- El vertedero estaría conectado a un sensor de nivel el cual regularía la dosificación de la válvula.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En Lima y Callao son muchos los establecimientos registrados por SEDAFAL, que se encuentran dentro de las actividades generadoras de desechos líquidos ácidos y/o alcalinos; muchas de ellas cuentan con algún sistema de tratamiento para neutralizarlos, tratando así de satisfacer lo establecido por el Reglamento de Desagües Industriales. A pesar de ello, la mayoría no logra resultados óptimos lo que nos indica que los sistemas empleados no funcionan adecuadamente, ya sea por una incorrecta operación, falta de mantenimiento o una mala concepción del diseño.

- Las descargas ácidas o alcalinas constituyen un problema para las estructuras que las conducen, las cuales al colapsar traen como consecuencia otros problemas que afectan las vías públicas como son los aniegos (por tuberías cuyos diámetros se han reducido debido a las incrustaciones) o el hundimiento de las pistas (por tuberías corroídas). Además de esto producen interferencias en los procesos de tratamiento biológicos, daño a los cuerpos receptores, etc.

La Clasificación Industrial Internacional Unificada (CIIU) ayuda a simplificar los estudios sobre los desechos industriales en general.

- El pH constituye uno de los parámetros que presenta la mayor dificultad en su control (para el industrial), debido al costo que representa la operación y mantenimiento del sistema.
- El control de los parámetros establecidos por el Reglamento es importante, pues todos ellos tienen algún efecto en los sistemas de recolección, cuerpos receptores o plantas de tratamiento.
- Cada establecimiento de acuerdo a los procesos de producción que presenten se le puede recomendar un tratamiento. O sea, no se puede aplicar un tratamiento "standard" para una actividad industrial.
- Después de haber realizado inspecciones a diferentes tipos de industrias, podemos decir que el aspecto principal a ser tomado en cuenta para hacer cualquier tipo de estudio en una industria es que el industrial desee realmente que se haga ese estudio, sino todo esfuerzo realizado en la industria puede ser inútil.
- Según los resultados de la evaluación del Sistema de Neutralización, comprobamos que algunos industriales tratan en lo posible que los resultados de los parámetros obtenidos en el efluente de la industria, estén dentro del rango permisible por las normas, aunque esto le signifique modificar mientras dure la inspección, el funcionamiento cotidiano de la industria.
- Algunas de las industrias visitadas cuentan con cajas de inspección para poder verificar el caudal y determinar las características del desagüe industrial.

Por lo que recomendamos :

- Que el Reglamento actual con más de 30 años de vigencia sea actualizado, dándole un enfoque más técnico, conforme a la realidad que la industria ha alcanzado y a los adelantos que se conocen en cuanto a la agresividad de ciertos compuestos componentes de los desechos líquidos industriales (por ejemplo el artículo 607 hace referencia a elevadas concentraciones, pero deberían darse los valores específicos; así mismo el artículo 608 debería especificar una norma que sirva de referencia). El artículo 610 prohíbe el ingreso de iones de metales pesados; pero hoy en día se saben cuáles son las concentraciones admisibles que estos pueden presentar.

Otra modificación importante sería, implantar el pago por parte del industrial de una sobre-tasa, determinada mediante estudios técnico-económicos, por descargar a la red pública una sobrecarga de un determinado parámetro (por haber alcanzado sólo un cierto nivel de tratamiento), al igual que el Reglamento lo establece para la carga orgánica y caudal. Esta sobre-tasa servirá para cubrir los gastos adicionales que causen los desechos lanzados con valores en los parámetros por encima de lo establecido.

- Que toda industria cuente con el buzón de inspección en la parte externa de sus instalaciones (según el art.402 del Reglamento de Desagues Industriales). Esta cámara o buzón de inspección deberá permitir el muestreo periódico, así como la medición del caudal, contando con las características y dimensiones que fije la Autoridad para cada tipo de industria luego de un estudio técnico. Que los muestreos que realice periódicamente la autoridad a las industrias para el

control de la calidad de sus desechos líquidos, los realice en el buzón de inspección que se encuentre en la parte exterior de la planta.

- Que las industrias y demás establecimientos sean agrupados y clasificados según la Clasificación Industrial Internacional Unificada, para poder ejercer un mejor control sobre ellas. Además esto facilitaría los diferentes estudios que sobre el tema puedan realizarse.
- Que se busque reemplazar compuestos químicos ácidos o alcalinos, por otros que produzcan desechos menos agresivos a las estructuras que las recepcionen. Tendiendo de este modo a reemplazar el control de la polución, por la prevención de la polución.
- Modificar los procesos de elaboración mediante la sustitución de materias primas o bien variar el proceso en si mismo previniendo la polución tanto en el puesto de trabajo como en el entorno.
- Que se profundizen los estudios sobre la disminución de la vida útil de estructuras que reciben descargas industriales con compuestos perjudiciales a ésta. A partir de este estudio establecer una escala para el pago de la sobretasa.

Crear conciencia en el industrial de la importancia económica y social que tienen sus desechos en general al ser lanzados a la red pública sin un estudio adecuado que determine sus principales limitantes.

Finalmente podemos decir que esta tesis ha pretendido despertar la conciencia sobre la problemática de los Desechos Líquidos Industriales, pues aunque la industria es necesaria para el desarrollo de un país, se deben tomar siempre las precauciones para que ésta no deteriore el medio ambiente, existiendo de este modo una armonía entre ellos.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- BABBITT, H.E., BAUMANN, E.R.,... "Alcantarillado y tratamiento de aguas negras", Compañía Editorial Continental S.A., 1961
- BRASKARAN, T.R.,... "Guidelines for the control of industrial wastes-Brewery wastes", World Health Organization.
- CABRERA FAJARDO, Nora,... "Estudio de la contaminación industrial de la cuenca del Marga-Marga", Viña del Mar, Santiago de Chile, 1974
- CODIGO DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES, Decreto Legislativo Nro.613
- CENTRO DE INVESTIGACIONES TEXTILES, INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL,... "Características y tratamiento de los desagues industriales textiles", Argentina, 1981
- CUBILLOS, Armando,... "Investigación de desechos industriales", Cali, 1969

- CUBILLOS, A., ... "Características y dosificación de desechos industriales", C.I.D.I.A.T., Colombia, 1976
- DE TULLIO, L., BURBARESI, C., CARBAJAL, A., ... "Mejoras tecnológicas para la disminución de la carga contaminante en industrias de acabado de metales", Centro de investigación de Ingeniería Ambiental, Argentina
- DIRECCION TECNICA DE SALUD AMBIENTAL, .. "Legislación sanitaria sobre aspectos de salud ambiental", Ministerio de Salud, Tercera Edición, Lima-Perú, 1990
- DIRECTORIO DE PESQUISA, ... "Tratamiento de residuos líquidos de la pequeña industria-Galvanoplastia", Superintendencia de pesquisas de aguas y residuos, 1985
- DORIA, Alir, ... "Aspectos gerais do tratamento de residuos de curtume", En: Revista DAE Nro. 64, Sao Paulo, 1966
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, ... "Physical-Chemical treatment technology", Office of water programs/training program, 1972
- FORESTI, E., ... "Estudios preliminares de las características de aguas residuales de curtiembres", 1973
- HEIN, Nancy E., BURRIS, Bruce E., ... "Chemical aids manual for wastewater treatment facilities", EPA, 1979
- MARCIO BRAILE, Pedro, ... "Despejos industriais", Federacao das Indústrias do Estado da Guanabara, 1971

- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS,...
"Investigación sobre la tratabilidad de efluentes de lavaderos de lana-caso Uruguay", Organización Panamericana de la Salud, Universidad de la República, 1987
- NEMEROW, Nelson Leonard,... "Aguas residuales industriales", H. Blume Ediciones, 1977
- OFICINA SECTORIAL DE ESTADISTICA INDUSTRIAL,...
"Indices de Clasificación Industrial Internacional Unificada de todas las actividades económicas (CIIU)", Ministerio de Industria, Comercio, Turismo e Integración, Perú, 1976
- FAZ MOROTO, José, FAZ CASAÑI, José M.,...
"Alcantarillado y depuraciones de aguas residuales", 1963
- SANCHA F., Ana María,... "Nociones básicas sobre residuos líquidos industriales", Santiago de Chile, 1981
- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA,... "Evaluación rápida de fuentes de contaminación de aire, agua, y suelo", OPS/OMS, México
- SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA,...
"Desagues industriales, Lima-Callao", Lima, 1980
- SERVICIO DE SANIDAD PUBLICA DE LOS ESTADOS UNIDOS,...
"Una guía de residuos industriales para la industria textil del algodón"
- SOCIEDAD NACIONAL DE INDUSTRIAS,... "Directorio industrial del Perú 90-91", Lima, 1990

- STERLING,C., ARIAS,R.,... "Manual del curso sobre tratamiento de desechos líquidos industriales" Tomo I, Asociación Colombiana de Ingenieros, Colombia, 1978
- UNIVERSIDAD DE CHILE,... "Curso básico para técnicos sobre residuos industriales líquidos", OPS/DMS. Chile, 1969
- VARGAS BEJARANO, Carlos, CAICEDO PEÑA, Edgard,... "Control de la contaminación de curtiembres de Villapinzan", En: Revista Acodal Nro. 106-109,1982
- VINCES A.,A.,..."Estudio de los desagues industriales de Lima Metropolitana", Informe de la comisión de estudios y reglamentación de desagues industriales, 1958
- WEBB, Richard, FERNANDEZ BACA, Graciela,... "Perú en números 1991", Cuanto, 1991