

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**Comportamiento de los Detergentes Sintéticos
en la Contaminación de Aguas Superficiales
y Aguas Negras**

TESIS PRESENTADA POR

RENE MAURICIO VIDAURRE

PARA OPTAR AL GRADO DE

DOCTOR EN QUIMICA INDUSTRIAL

DICIEMBRE DE 1973

611.712
V651C
1973
F. Ing. y Arq.
EJ-1

UES BIBLIOTECA CENTRAL



INVENTARIO: 10104984

003620

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Dr. J. Allwood Paredes

SECRETARIO GENERAL:

Dr. Manuel Atilio Hasbún

FACULTAD DE INGENIERIA Y

ARQUITECTURA:

DECANO:

Ing. Eduardo Bolaños

SECRETARIO:

Ing. Rodolfo Jenkins

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE

INGENIERIA QUIMICA a.i.:

Dr. Federico M. Huguet

J U R A D O S:

PRIMER EXAMEN GENERAL
PRIVADO DE DOCTORAMIENTO.

PRESIDENTE:

Lic. Víctor Manuel Segura

VOCALES:

Dr. Angel Ricardo Villafuerte

Lic. José Antonio Silva.

SEGUNDO EXAMEN GENERAL
PRIVADO DE DOCTORAMIENTO.

PRESIDENTE:

Ing. Roberto Abrego

VOCALES:

Dr. Roberto J. Jaime Cáceres

Dr. Mauricio Vidales.

JURADO EXAMINADOR DE LA
TESIS DE GRADO

Director:

Dr. Angel Ricardo Villafuerte,
Profesor Titular de Termodinámica y Tratamiento de Aguas,
Departamento de Ingeniería Química,
Universidad de El Salvador.

Asesores:

Ing. Gustavo N. Iraheta.
Profesor Titular de Operaciones Unitarias,
Departamento de Ingeniería Química,
Universidad de El Salvador.
Gerente de Producción de ELASTEX.

Lic. José Antonio Silva.
Jefe de Laboratorios del Departamento de
Ingeniería Química.
Profesor Titular de Química Técnica,
Departamento de Ingeniería Química,
Universidad de El Salvador.

DEDICATORIA :

A mis queridos padres:

Narciso Vidaurre y Concepción Gutiérrez de Vidaurre,
de grata recordación.

A mi adorada esposa

Rhina de Vidaurre y a mis hijos.

A mis hermanos.

A mi madrina Nelly Canessa de Rayner.

A mis compañeros y amigos.

A la Universidad de El Salvador con agradecimiento
por la formación obtenida. .

I N T R O D U C C I O N

El siguiente estudio trata principalmente de dar una solución a un problema que confrontará nuestro país en un futuro cercano.

Con el abaratamiento de los detergentes sintéticos, las amas de casa, - las fábricas, etc., prefieren su uso al convencional jabón natural.

Es lógico que la introducción de los detergentes en los hogares, legítimamente concierne a las Autoridades Públicas.

El objetivo del Ingeniero Químico dedicado a la rama de la Ingeniería Ambiental en países en vías de desarrollo es dar medidas preventivas antes que curativas.

La contaminación de efluentes en nuestro país, debido a la descarga de desechos agrícolas directamente a aguas superficiales como aguas estancadas se agrava con la presencia de desechos de origen doméstico.

Al propagarse la popularidad del uso de los detergentes debido al bajo costo de éstos, aumenta la demanda y al mismo tiempo la contaminación de nuestros recursos de agua, ya que en El Salvador carecemos de plantas de tratamiento de aguas negras y desechos industriales, debido a la falta de una legislación tocante a este punto.

El objetivo básico del presente estudio es dar a conocer la necesidad de dichos tratamientos y el peligro contaminante de un producto químico casero al cual es imposible ponerlo en una etapa de pre-tratamiento.

Muchas de las dificultades son debidas, a la polución del material activo de superficie del detergente sintético, las cuales pueden ser eliminadas si el material activo de superficie fuese oxidado o removido durante el proceso de purificación.

A pesar de que la formación de grandes cantidades de espuma es el síntoma más obvio de contaminación debido a los detergentes sintéticos, existen efectos más insidiosos: tales como la reducción de la velocidad de transferencia de oxígeno del aire al agua. Esta transferencia es básica para la operación de un tratamiento aeróbico biológico y para el balance de oxígeno en corrientes y estuarios.

También se pueden encontrar trazas del detergente activo de superficie en distribución de agua tomada de aguas superficiales.

La mayor parte de población de este país obtiene la distribución de agua de ríos.

De esto se deriva la razón básica de este estudio.

Una forma de cambiar la composición del material activo de superficie podría ser, aumentar su vulnerabilidad a un ataque bacterial, pero también estos pequeños cambios pueden afectar la utilidad del agente activo de superficie del detergente sintético.

Es necesario que los detergentes producidos sean aceptables a las amas de casa, pero que los inconvenientes sean destruidos en el proceso de tratamiento de aguas negras y muchas de las dificultades desaparecerán.

- 4.1.2 Floculación química con compuestos de hierro.
- 4.1.3 Remoción por Flotación
- 4.1.4 Remoción por Intercambiadora de iones.
- 4.2 Descomposición de diferentes categorías de detergentes. Tabla No. 4
- 4.3 Medidas Legales
- 4.3.1 Diferentes clases de detergentes sintéticos usados en el mercado.
- 4.3.2 Remoción de detergentes por proceso de tratamiento de desechos.

Sección 5. DETERMINACION DE SYNDET 25-27

- 5.1 Determinación de Syndet en Lodo Activado
- 5.2 Determinación de Syndet en Lodo Primario, lodo fermentado o lodo seco.

Sección 6. EFECTO DE LOS DETERGENTES SINTETICOS EN LA EFICIENCIA. 28-32

- 6.1 Efecto en la eficiencia del tratamiento biológico.
- 6.2 Efecto en la sedimentación y Toxicidad.
- 6.3 Efecto en la transferencia de oxígeno en los ríos
- 6.4 Efecto de los detergentes biológicamente suaves.

Sección 7 DETERGENTES SINTETICOS Y DIGESTION DE SEDIMENTOS 33-39

- 7.1 Efectos de los detergentes en la Digestión
- 7.2 Concentración en el Lodo
- 7.3 Experimentos de Digestión

Sección 8 DETERGENTES NO-IONICOS 40-47

- 8.1 Materiales Típicos
- 8.2 Biodegradabilidad

- 8.3 Efecto de la Espuma y Toxicidad
- 8.4 Necesidad de los Detergentes no-iónicos biodegradables. Tabla No.5

Sección 9. SUBSTITUCION DE LOS DETERGENTES 48-53
 "DUROS" POR DETERGENTES "SUAVES"

- 9.1 Bases de la degradabilidad biológica
- 9.2 Análisis de la espuma de líquidos conteniendo detergentes sintéticos.
 - 9.2.1 Experimentos con mezcla de detergentes caseros Fig.6
 - 9.2.2 Altura máxima de espuma alcanzada para diferente clase de líquidos. Fig. 7.
 - 9.2.3 Efecto de la concentración de detergentes caseros en diferentes líquidos en la altura de la espuma producida después de aereación. Fig. 8

Sección 10. METODOS PARA LA DETERMINACION DE ABS⁽¹⁾ 54-57

- 10.1 Reactivos.
- 10.2 Procedimiento.
 - 10.2.1 Preparación de la Curva de Calibración.
- 10.3 Extracción y Desarrollo del Color.

(1) Standard Methods American Public Health Educ, N.Y. 1960.

SECCION 1

TRATAMIENTO DE DESECHOS

1.1 Historia del Tratamiento de Desechos

El tratamiento de desechos se hace debido a innumerables razones, ya sea para aguas negras como para tratamiento industrial, dependiendo de las regulaciones gubernamentales, la disponibilidad y economía del agua.

El tratamiento de desechos nació después de la invención de los grandes sistemas de tuberías para aguas negras, los cuales datan desde el Siglo XIX. Pero sistemas sencillos y canalizaciones para evacuar aguas negras y aguas lluvias son tan viejas como la civilización.

En las excavaciones arqueológicas hechas en el palacio de Mari al norte de Mesopotamia se han encontrado canales de desagües para aguas — lluvias, los cuales funcionan después de 35 siglos. Lo mismo en Grecia, Acropolis y Olimpia. Pero el más famoso sistema fue hecho por los romanos al cual lo llamaron "LA CLOACA MAXIMA" la cual fue construida — en el Siglo 6° A.C. Una parte de este sistema de 1 km. de largo aún funciona en nuestros días. Los romanos también construyeron cloacas en otras ciudades de su imperio por ejemplo, en París y en Colonia.

Durante la edad Media ningún sistema importante de aguas negras fue — construido. Solamente algunos castillos y Monasterios estaban equipados con facilidades sanitarias rudimentarias.

Las situaciones higiénicas en las ciudades en crecimiento empeoraron, la basura se amontonaba en las calles, las aguas negras circulaban en

canales abiertos y en medio de todo esto los cerdos buscaban como alimentarse.

En el Siglo XVI y XVII las autoridades locales trataron en vano mejorar las condiciones higiénicas en las ciudades, proclamaban numerosas regulaciones tocantes a la disposición de la basura y los desechos domésticos.

Por ejemplo en Amsterdam en 1547 fue prohibido tirar los desechos domésticos y materia ofensiva, a través de las ventanas que daban a la calle y en 1581 sacaron una ley en la cual cada quien tenía que limpiar el canal abierto de aguas negras que pasare frente a la casa, por lo menos dos veces por semana.

Los sistemas de aguas negras estaban abiertos y luego pasaban a través de una especie de malla en donde quedaban retenidos los sólidos.

En horas nocturnas estos sólidos eran colectados con las materias ofensivas de las casas que no estaban conectadas o cerca de un sistema abierto de aguas negras (Este sistema de recolección de desechos todavía es usado en algunas partes del mundo). Esta situación preponderó hasta mediados del Siglo XIX.

El sistema de tuberías de aguas negras sistemático e higiénicamente elaborados se debe principalmente a los siguientes hechos:

- 1º) La Revolución Industrial la cual causó un tremendo éxodo de la población rural hacia las zonas urbanas.
- 2º) Las espantosas epidemias las cuales causaron cientos de miles de muertos, tales como el cólera en 1830 en Londres.

3º) El desarrollo del inodoro y las tuberías de distribución de agua.

La dilución en el inodoro hizo imposible la colección de materias ofensivas en las horas nocturnas.

Después de la introducción del inodoro en 1815 fue posible hacer drenaje de las casas a los sistemas de tuberías de aguas negras; y en 1847 se hizo obligatorio.

Entre 1840 y 1850 se hicieron varias líneas principales para aguas negras y en 1856 le fue encomendado a Sir John Balzelgette diseñar un sistema único de colección de aguas negras el cual se empezó en 1859 y se terminó en 1875. Consistía de 2 vías y una parte receptora en el Támesis la cual quedaba a 11 millas de Londres. Se descargaba 3 horas después de la marea alta.

En Alemania el primer sistema de tuberías de aguas negras fue diseñado por un ingeniero inglés, Sir William Lindley, el cual diseñó el sistema de Hamburgo después del fuego de 1842. El sistema de Berlín fue diseñado en 1873 por Wiebe y Hobrecht. Paris en 1850 era una ciudad de 1.2 millones de habitantes y tenía únicamente 26 kms. de tuberías de aguas negras. En 1857 se inició la construcción del sistema diseñado por Belgrand. Estos trabajos se llevaron a cabo simultáneamente con la limpieza sanitaria de París dirigida por Haussmann.

En cada calle fue construida una cloaca y en calles más anchas de 20 mts, 2 cloacas. Las aguas negras se descargaron por medio de varias cloacas principales en el Sena varias millas alejado de París.

En 1878 cuando Belgrand murió, Paris disponía de 600 kms de tuberías de aguas negras. En la actualidad tiene 2,500 kms.-

En Amsterdam se comenzó a trabajar en las tuberías de aguas negras en el año de 1906. Pero todo lo anterior no resolvía el problema, tenía que — construirse una cloaca separada para las aguas lluvias, con esto empezaron los alcantarillados. Esto fue idea de Sir Edwin Chadwick; en 1842, — Sir. E. Chadwick, es considerado el padre de la Ingeniería Sanitaria.

En 1848, en Londres se construyeron separadamente cloacas y alcantarillados. Memphis, U.S.A., fue la primera ciudad en tener un sistema separado de tuberías completo. La construcción se empezó en 1880 después de la epidemia de fiebre amarilla en 1878 en la cual murieron miles.

Hasta comienzos de 1960 el sistema separado fue considerado como el más moderno y efectivo sistema de colección de aguas negras. Aguas lluvias — directamente a las aguas superficiales y aguas negras a las plantas de — tratamiento.

La descarga directa de las aguas de drenaje en las aguas superficiales — no es permitido, debido a la protección contra la eutroficación y polución en ríos y lagos.

Tanto las aguas de drenaje como las aguas negras tienen que ser pasadas por plantas de tratamiento. En estos casos el sistema separado pierde la ventaja que tiene sobre el sistema combinado, siendo este último el más barato. Con esto comienza una nueva etapa para la protección de nuestro ambiente, el ingeniero, inicia el Diseño de Plantas de Tratamiento de De sechos Industriales.

1.2 Historia de las Plantas de Desechos Industriales.

Se comienza a formar comités de Gobierno para investigar el efecto — de los desechos industriales y su influencia en el tratamiento de aguas —

negras, en el funcionamiento de los servicios de Salud Pública, en la condición de los ríos y la pureza de la Distribución del Agua. Esto enfatiza cuán difícil es el Tratamiento de Aguas en países con una gran población urbana y un sistema moderno y grande de redes de distribución. Por ejemplo en ciertas ciudades europeas las cuales pueden tener un volumen de 1,500 millones de galones/día de desechos domésticos, parte de estas aguas, probablemente 1/4 (por ejemplo en Inglaterra) viene de las ciudades que quedan cerca de la costa y son descargadas en el mar y — más frecuente en estuarios, ya sea sin tratamiento o después de sedimentación para remover algunos de los sólidos suspendidos.

En partes alejadas de la costa tanto aguas negras como desechos industriales, son descargados a los ríos, los cuales en muchos casos contienen poca agua y por lo tanto la capacidad de dilución es ínfima. Lo grave del caso es que antes que alcancen el mar estos ríos son usados como fuente de agua para procesos industriales o para distribución doméstica. Es natural que cualquier cosa que pase por los alcantarillados y que interfiera con el proceso de purificación, llegara a los ríos y causara — gran daño on el ecosistema acuático, de donde el tratamiento de los desechos industriales debe ser objeto de un estudio muy serio.

1.3 Aguas de Desecho

En la forma que llegan a la Planta de Tratamiento es generalmente — un líquido turbio el cual puede oontener pequeñas o grandes dosis de materia suspendida, junto con substancias orgánicas e inorgánicas en solución.

El proceso de Tratamiento es muy fácil y substancialmente el mismo en principio. Las aguas negras son pasadas a tanques de sedimentación.

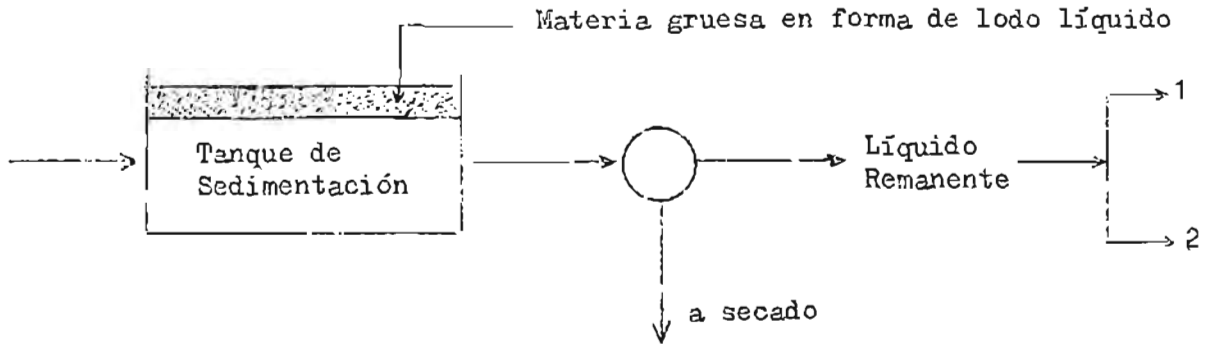


Fig. 1.-

Esto es separado del fondo de los tanques y tiene que ser secado a un punto en el cual puede ser manejado como un sólido. El líquido remanente después que el lodo ha sido separado aún se encuentra contaminado terriblemente, éste puede ser tratado por medio de dos procesos los cuales parecen diferentes pero en principio son iguales.

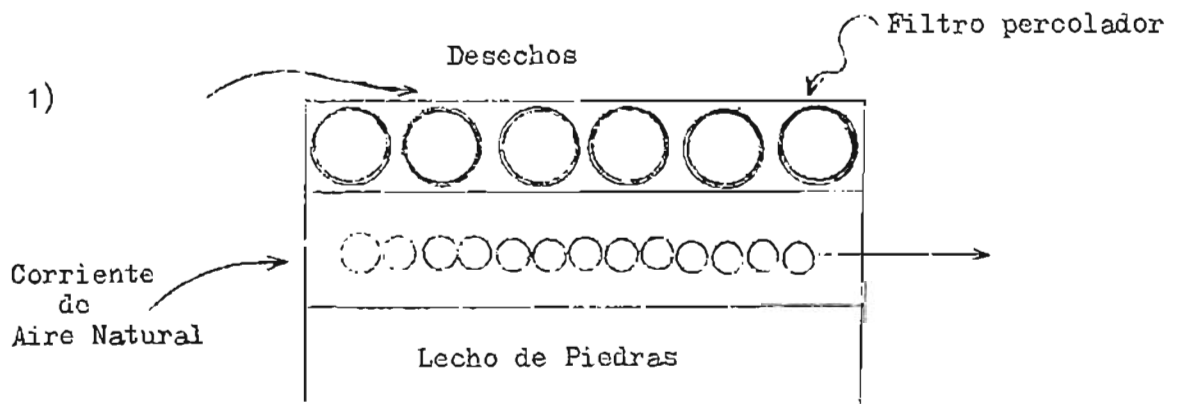


Fig. 2.-

El medio filtrante durante la operación llega a cubrirse con una capa gelatinosa de bacterias y hongos, también contiene una población de organismos mayores, incluyendo gusanos y larvas de moscas.

Al pasar a través de este lecho, parte de la materia orgánica es asimilada por los microorganismos, los cuales a su tiempo son comidos por los animales invertebrados y en parte es oxidado.

El líquido saliendo del tanque es aún "turbio", pero al pasarlo a través de otro tanque de sedimentación es fácil remover la materia suspendida. Saliendo un efluente el cual contiene un residuo de partículas orgánicas y poca materia orgánica en solución y una mezcla de NH_4^+ y NO_3^- derivados de los constituyentes nitrogenados originalmente presentes en las aguas de desperdicio.

2) Proceso de Lodo Activado

El lodo es removido de los desechos como en el caso anterior pero con la modificación que el líquido es pasado por tanques largos en los cuales se aerean ya sea por burbujas de aire a través del tanque o por agitación mecánica con agitadores rotatorios. En estas condiciones se forma un "lodo activado" consistiendo principalmente de una gran parte de bacterias.

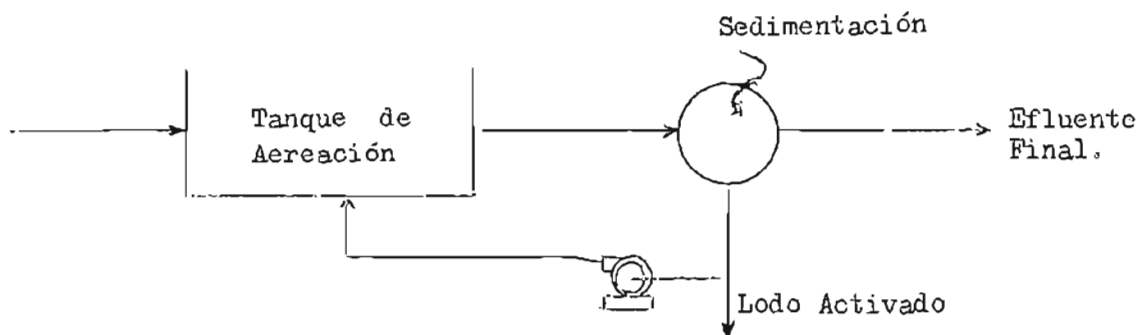


Fig. 3.-

Luego de la etapa de aereación el líquido se pasa finalmente a un Tanque de Sedimentación, el lodo se remueve continuamente desde el fondo y el exceso se pasa a la etapa de secado. El efluente descargado es de composición similar al procesado en una planta de filtración biológica.

Los factores que influyen en la eficiencia (en los 2 tipos) no han sido investigados. Naturalmente que los desechos no deben contener nada que interfiera con la actividad de los microorganismos o con el abastecimiento de oxígeno del cual ambos procesos dependen.

Con respecto a los desechos industriales es conveniente que el industrial trate estos desechos, por lo menos en los constituyentes que ofrecen mayor contaminación, antes que alcancen los sistemas de alcantarillados. Obviamente no hay posibilidad de un pre-tratamiento por ejemplo, en el caso de los desechos domésticos de un producto químico como en el caso de los -
detergentes(17) .

SECCION 2

DETERGENTES SINTETICOS

La manufactura de los detergentes sintéticos para ser usado en lugar de jabón data desde la época entre 1914-1918 cuando la substancia fue producida en escala comercial en Alemania.

Durante y después de la Segunda Guerra Mundial hubo naturalmente una escasez terrible de jabón en los países industrializados y un gran número de substitutos aparecieron en el mercado.

En la tabla N° 2 vemos que un polvo típico para lavado contiene alrededor del 20% en peso de material activo de superficie, lo demás está compuesto por formadora de construcción (incluyendo polifosfatos, silicatos, sulfatos, carboximetilcelulosa, alcanolamida). Estos ingredientes aumentan la eficiencia de los polvos blanqueadores; previenen la re-depositación de suciedad y estabilizan la espuma. También contienen blanqueadores, materia colorante, y perfume el cual usualmente está presente.

El material activo de superficie usado en la mayoría de los polvos detergentes es un alquil bencen sulfonato, producido de un hidrocarburo que contiene moléculas desde 10 a 14 átomos de Carbono. El hidrocarburo es condensado con benceno y el producto es sulfonado (principalmente en la posición para) y neutralizado para dar una sal de sodio la cual es suficiente para el contenido de sulfato de los polvos lavadores.

La fórmula estructural de un alquil bencen sulfonato puede ser generalmente escrita $R \cdot C_6H_4 \cdot SO_3Na$, en donde R es un grupo alquilo conteniendo de 10 a 14 átomos de carbono.

El hecho más característico de los detergentes es su propiedad de bajar la tensión de superficie del agua, por lo tanto dan una capacidad mayor de mojar, "ellos hacen el agua más calada".

Los detergentes han encontrado una gran aplicación en el lavado de cualquier cosa que esté sucia, así como cuando ellos dan a las partículas - sucias de una fábrica textil una capacidad de mojada mayor, dando como resultado que el agua penetre entre cada partícula de suciedad y la tela. Una acción mecánica intensa es necesaria.

El uso de estos "Surfactantes" (agentes activos de superficie) como ayuda en los lavados sintéticos es la más importante de todas las aplicaciones (75% a 85% del total).

Sin embargo, para ser aceptada por amas de casa para este propósito, la substancia ha de poseer una propiedad más, por ejemplo deberá producir espuma cuando se use como una ayuda en el lavado. Esto ha formado la creación de agentes lavadores espumantes en gran escala. Pero esto produce ciertas dificultades en las lavadoras mecánicas, por lo tanto se han hecho productos con limitada formación de espuma.

Así como ahora es más fácil lavar con estos detergentes modernos, el consumo de ellos durante los últimos diez años ha aumentado enormemente, y la producción de los jabones en las ventas de agentes lavadores está constantemente disminuyendo.

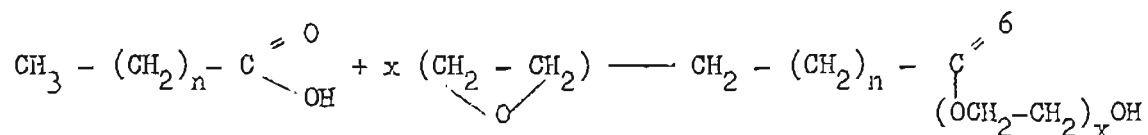
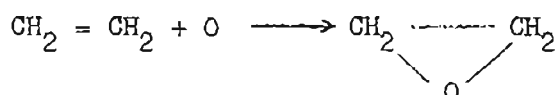
PRODUCCION DE JABONES Y SINDET 1961 (Ton/día)

	Alemania	Francia	Gran Bretaña	Estados Unidos de Norteamérica
JABONES	103 000	190 000	439 000	457 000
SYNDET	378 000	330 000	322 000	1585 000

En general los detergentes alcanzan la categoría de los siguientes compuestos químicos:

2.3 Detergentes no-iónicos (No-iónicos)

Los no-iónicos son en general, compuestos complejos de ácidos grasos con óxido de etileno que no se ioniza. El óxido de etileno es preparado por oxidación catalítica directa del etileno, y entonces reacciona con el ácido graso.



2.4 Tabla N° 1 Consumo de Detergentes en 1960

Expresado como Porcentaje

	E.E.U.U.	Francia	Inglaterra	Alemania	Suiza	Holanda
Aniónicos (Sulfato + Sulfonato)	67.2	93	92.3	80	87	84
Catiónicos	3	0	0.5	5	0	1
No-iónicos	29.8	7	7.2	15	13	15

2.4.1. Tabla N° 2 Composición Promedio de un Detergente Sólido en América es Aproximadamente la siguiente:

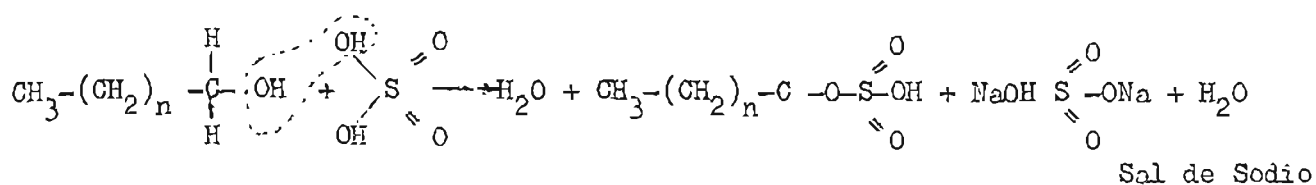
Composición de Alquil Bencen Sulfonato		Jabones Ordinarios	
Alquil bencen sulfonato (Sal de Na)	22 - 35%	Jabón	40 - 65%
Polifosfatos Sódicos	37 - 48%	Fosfato Sódico.	0.10 %
Silicato Sódico	5 - 9%	Silicato Sódico.	3 - 5%
Sulfato Sódico	12 - 19%	Carbonato Sódico.	5 - 20%
Carboxi Metil Celulósica (SMC)	9.5%		

2.1 Detergentes Aniónicos (Aniónicos)

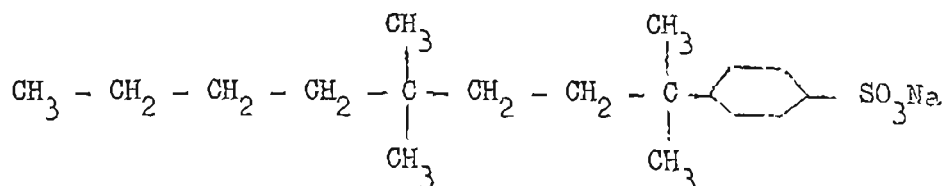
Estos compuestos son preparados:

- a) Por tratamiento primario o secundario de alcoholes con ácido sulfúrico (esterificación).

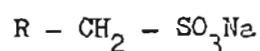
Se forman por neutralización de sulfatos, los cuales son convertidos en la sal de sodio (tipo Teepol)
Alquil Sulfato



- b) Por sulfonación de bencenos sustituidos, (ya sea con H_2SO_4 fuerte o directamente con SO_3). En esta forma un alquil bencen sulfonato es formado:



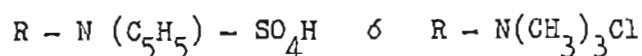
Compuestos alifáticos pueden dar alquil sulfonatos:



El principio activo en todos estos compuestos es el ión negativo por ejemplo el grupo $R \cdot SO_3^-$

2.2 Detergentes Catiónicos. (Catiónicos)

Estos compuestos son usualmente bases de piridina o amonio cuadrivalente.



en solución el último compuesto se disocia en Cl^- y el catión $R N(CH_3)_3^+$, el cual es el principio activo de este caso.

Si se requiere que el producto posca propiedades blanqueadoras se agrega algo de perborato.

Los detergentes de la categoría aniónica envuelven sulfatos y sulfonatos (los cuales son acerca de 80-90% del consumo total) como regla son aún determinados de acuerdo al método de Longwell y Manice publicado en 1955. Con este método el principio activo es llevado en contacto con azul de metileno; el compuesto resultante el cual es también de color azul, es extraído con cloroformo. El espectro de absorción es entonces determinado con luz de 650 m.

Si únicamente se requiere determinar los sulfonatos, los sulfatos son primero descompuestos por ebullición con ácido.

El producto tomado como un estándar es el MANOXOL (Succinato dióctil Sódico). Los detergentes de la categoría catiónica son así mismo determinados haciendo uso de una combinación química con un compuesto coloreado, esta vez se usa el azul de bromofenol. Es posible determinar concentra-

ciones bajo 0.05 mg/l, en la cual soluciones con pH de 2 son empleados. Para cationes el estándar usado es el CETIL TRIMETIL AMONICO BROMICO (CTAB). Este compuesto es así mismo determinado por titulación con dicromato.

Para ver la consecuencia del aumento en el uso de los detergentes un Comité de Trabajo fue instalado en Inglaterra en 1953.

Este Comité clasificó los problemas que podían aparecer en el futuro:

- 1°) Posible daño a la Salud Pública (dermatitis, etc.)
- 2°) Posible daño a las tuberías domésticas y municipales.
- 3°) Posible efecto en la purificación de aguas negras.
- 4°) Posible contaminación de aguas superficiales, con efectos adversos en agua potable preparada de ellas.

Con respecto al punto 1° puede decirse que a pesar de su uso muy grande de detergentes, como regla, ellos no causan ningún efecto en la piel, en cualquier proporción, no más que en el pasado.

Existe una posibilidad más de efectos tóxicos cuando vasos, platos, etc. son lavados con agua conteniendo una cantidad normal de detergente. Pruebas han demostrado que cuando a los vasos y platos que han sido lavados ligeramente, se han encontrado pocos vestigios de detergente.

Con respecto al punto 2° no hay ninguna evidencia que se haya encontrado corrosión.

Sin embargo, los efectos en los puntos 3° y 4° han sido espectaculares.-

SECCION 3

EFECTO DE LOS DETERGENTES EN LA PURIFICACION BIOLOGICA
DE AGUAS NEGRAS

Después que los detergentes fueron puestos en el mercado su presencia en las aguas negras se manifestó en forma desagradable.

- 1) Por un efecto adverso en el grado de purificación.
- 2) Por intensa formación de espuma en las plantas de purificación de — aguas negras en las cuales el proceso de lodo activado fue aplicado. La disminución en el grado de purificación de las aguas negras se ha encontrado que se debía a la influencia del oxígeno disuelto en el — agua. Si aire comprimido fuera usado, la disminución en la capacidad de oxigenación de la planta debería ser como el 30-40%. Esto significa que para igual velocidad de oxigenación fue necesario usar por lo menos 30% más de aire comprimido. Por ejemplo en la Planta de Tratamiento de Mogden cerca de Londres, esto no solamente significaría un alto costo anual, sino también que la planta necesita ser ensanchada a un costo de no menos de £900 000.

Investigaciones en la disminución de la capacidad de oxigenación han — dado los siguientes resultados:

La molécula del detergente tiene dos partes, una de las cuales (la parte hidrofóbica) tienen un carácter repelente al agua, mientras que la — otra (la parte hidrofílica) realmente atrae el agua. Detergentes se acumulan en el límite. Si una pequeña burbuja de aire es producida en un — capilar conteniendo agua, la presión ejercida sobre la burbuja y el volumen adyacente de aire alcanzando la espita de vidrio es igual a la — presión hidrostática, la atmosférica y la tensión superficial.

Sin embargo, aire es difundido en un líquido conteniendo detergente (la concentración considerada para este propósito es de 10 - 50 mg/l), se ha encontrado que tiene un descenso de la tensión superficial, la forma de las burbujas es mucho más redondeado y la manera de ascender a través del agua es más recta. Entonces es comprensible que bajo estas condiciones, menos oxígeno está disuelto.

Supongamos ahora que aereación es efectuada por medio de los llamados rotores de aereación, la gran turbulencia causada por estos aparatos de aereación pueden producir un gran número de pequeñas burbujas en el agua conteniendo detergentes más que en el agua sin detergente. La capacidad de oxigenación de un rotor de aereación puede por lo tanto bajo ciertas circunstancias ser aumentada por la presencia de detergentes en el agua.

Recientemente investigaciones en el "Ruhr Verband" dan los siguientes resultados.

3.1 Tabla N° 3 Capacidad de Oxigenación de un Rotor de Aereación

S i s t e m a	OC (Capacidad de Oxigenación)	
	g/m ³ /hr sin Dergentes	Con Detergentes
Simplex	102	122
Simcar	204	190
Vortair	72	104
Aereación de burbujas finas	129	84
" " " medias	81	55
" " " grandes	80	64

En los Filtros Biológicos no existe una napa por lo cual sean seriamente obstruidos debido a la presencia de los detergentes. Tratando con el efecto de

ellos en el tratamiento de aguas negras, los detergentes causan problemas puramente mecánicos por ejemplo, espuma, punto el cual trataremos con más detalle en las próximas secciones.

La espuma puede ser tan excesiva que partes de la planta llegan a ser invisibles, la plataforma es imparable por el residuo graso dejado por la espuma, y la vegetación en las cercanías perece por completo.

3.2 Principios para Combatir la Formación de Espuma

Cuatro principios son usados ampliamente:

1.- Adición de los llamados aceites anti-espumantes.

Esto previene la formación de espuma, pero no restaura la velocidad de transferencia de O_2 .

2.- Rociando la espuma con un líquido. Este puede ser agua del chorro o efluente tratado, o puede ser una mezcla del licor de la parte de aeración.

3.- Una cubierta, la cual puede ser fijada al lado opuesto del rotor.

4.- Se puede hacer esfuerzos para reducir la espuma, aumentando el contenido de lodo activado de $1\frac{1}{2}$ g/l a 4 - 5 g/l.

Además de los problemas en la etapa de aeración la última fase en el proceso de tratamiento de aguas negras por ejemplo, la fermentación de agua, puede ser afectada adversamente por la presencia de los detergentes por ejemplo, la intensidad de la fermentación del gas es disminuida cuando el lodo tiene un contenido de detergentes de más del 1%.

SECCION 4

CONTAMINACION DE AGUAS SUPERFICIALES Y POSIBLES
EFECTOS DE LOS DETERGENTES SINTETICOS EN LA DIS-
TRIBUCION DE AGUA POTABLE

El efluente de una planta de tratamiento realmente contiene, como uno de sus contribuyentes normales, una cantidad de detergentes de unos pocos miligramos por lt.

En "Illinois Water Way" en el cual el efluente de la "South West Plant" en Chicago es descargada, se encontró que contiene 0.9 mg/l a una distancia de 85 km, 0.6 mg/l a 190 km de distancia y 0.5 mg/l a 266 kms. - de distancia. En 1960 el contenido en el distrito del Ruhr variaba su capacidad, de 0.1 a 1.3 mg. de detergente por lt. Para el Támesis este dato fue aproximadamente de 0.5 mg/l. En el Ruhr bancos de espuma de 4 m. de altura y 300 m. de largo fueron formados.

En la parte de toma de los trabajos de Agua de Rotterdam, en los años comprendidos entre 1957 a 1960 las cantidades promedio de 0.2, 0.2, 0.2 y 0.1 mg/l fueron medidos respectivamente, y a pesar de que éstas son concentraciones bajas, existe la posibilidad de que también la reaeración sea reducida. Eden and Truerdale encontraron una reducción mayor del 60% en río lentos, causada por concentraciones de detergente de 1 mg/l (4). El agua del río Rhin en Dordrecht (Holanda) en 1964 contenía 0.3 a 0.5 mg/l.

En el proceso de preparar agua potable tomada de dichos ríos, el contenido de detergente es por supuesto, disminuido pero por ejemplo en 1960 -

el agua potable de la ciudad de Essen (Alemania) contenía de 0.05 a — 0.08 mg/l de detergente.

En el caso especial del reuso de Chanutc (de agua potable) y resultó que el contenido de detergente del agua del chorro era hasta de 4 mg/l a pesar de la aplicación de los métodos más completos de purificación (7). Gran contacto del agua con el oxígeno puede en efecto reducir el contenido de detergengas, pero si el agua penetra en el suelo, puede después de algún tiempo corto, cuando el oxígeno es consumido, moverse hacia el agua subterránea en una concentración prácticamente invariable.

En Estados Unidos de Norteamérica, los detergentes que son difíciles de descomponerse se dice que están dentro de la "detección de formadores"— de la contaminación de las aguas subterráneas por aguas negras.

En un Symposium celebrado en Cincinnati en abril de 1961, acerca de la — situación de Long Island en donde 390,000 habitantes recibían agua de — tuberías de distribución pública, dijeron que aún existen 78,000 pozos privados.

Los desechos del agua son depositados en el suelo en una forma más o menos purificada. Cuando se examinaron 1000 pozos se encontró que 550 pozos demostraban una reacción positiva al "Syndet", variando desde débil (de 0.02 a 0.4 mg/l) hasta regularmente fuerte (1.4 mg/l). Nada menos que 81 pozos pertenecían a este último grupo.

4.1 Para Producción de Agua Potable Existen Cuatro Métodos Fisicoquímicos Usados para Remover del agua los Detergentes (16)

4.1.1 Adsorción

Bucksteeg calculó que para la remoción de los detergentes descargados por el Ruhr, 500 Ton. de carbón activado serían necesarios; esto da un gasto anual de aproximadamente 3 millones de Marcos Alemanes (DM).

4.1.2 Por Floculación Química con Compuestos de Hierro

En igual caso una cantidad de alrededor de 12,000 DM será necesitada; más aún, deberá ser necesario remover 200,000 mt³ - de lodo; inversión en construcción de edificios, etc.

4.1.3 Remoción por Flotación

Cálculos dan 5.25 DM por kilo de detergente, o un total anual de 2,600,000 DM.-

4.1.4 Remoción con intercambiadores de Iones

Información suficiente no es todavía disponible. Procesos de esta clase son, sin embargo, inevitablemente carísimos.

El problema no puede ser resuelto en esta forma. Afortunadamente investigaciones microbiológicas han dado una posible solución.

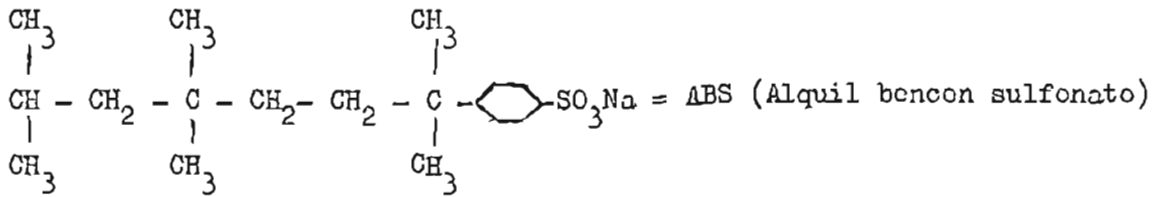
Como hemos dicho al principio, dos clases de detergentes son actualmente usados intensivamente: alquil sulfatos y alquil bencen sulfonatos.-

Como su nombre lo implica el grupo que contiene el azufre (C-O-SO₃Na, C-SO₃Na). Ocupa fundamentalmente una posición diferente en las moléculas de ambos compuestos. Más aún, los sulfatos comerciales tienen —

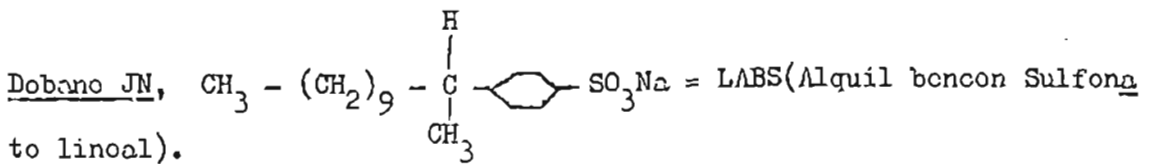
más o menos una cadena carbonada recta en el resto de la molécula, la cual está unida con el grupo sulfato, mientras que para los sulfonatos, la cadena es más enramada.

Esta última característica es encontrada como un factor esencial en el proceso de descomposición bacteriana.

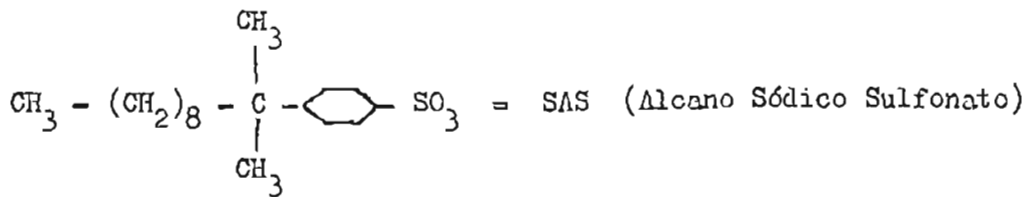
Por ejemplo en el caso del Dobane PT



En 1958 la industria hizo cantidades limitadas de un nuevo tipo de alquil bencon sulfonato el cual fue designado como Dobane JN y el cual tiene prácticamente la cadena recta



Pueden haber isómeros en el producto, tales como :



En la práctica los últimos dos detergentes fueron llamados "detergentes suaves" por el hecho de que ellos son más fácilmente descomponibles en la prueba biológica en el laboratorio.

Experimentemos en el "Water Pollution Research Laboratories at Stevenage" Inglaterra, dan los siguientes resultados: ...

4.2 Tabla N° 4 Descomposición de Diferentes Categorías de Detergentes
Concentración Original 13 mg/l. (18)

Concentración en Efluente 1)	Filtros Biológicos		Lodo Activado 6 horas de Acreación	
	Concen- tración 1)	% de Des- composición	Concen- tración	% de Descompo- sición.-
1. Detergente Duro	4.30	67.0	4.05	68.7
2. Mezcla de Duro y Suave.	2.20	84.0	1.25	90.9
3. Detergente Suave.	0.87	93.7	0.89	93.5

1) Expresado como mg/l de Manoxol.

La Comisión Británica de Detergentes, decidió empezar experimentos a gran escala con estos compuestos descomponibles (en el otoño de 1958), conocido en la literatura como el Experimento de Luton.

Después de ocho meses de acción el cociente (duro a suave) de detergentes usados fue únicamente de 52:48 y en Junio de 1960 fue 25:75. - Se demostró que en el período del 9 al 16 de Junio de 1960 más o menos el 85% de los detergentes contenidos en aguas negras crudas fueron descompuestos, con relación a la descomposición del 65% en 1968.

4.3 Medidas Locales

El Comité formado en los Estados Unidos de América, dio la recomendación para una enmienda a los standard de Salud Pública Americanos de 1946, proponiendo que en 1961 no más del 0.5 mg de alquil bencen sulfonato por litro debería ser permitido en el agua potable, propuesta que hasta nuestro tiempo ha sido mantenida.

La ley alemana de detergentes fue publicada en el Diario Oficial Alemán: Bundesgesetzblatt N° 49 - 1962 Teil I, ed 12, Dec 1962, y tiene como subtítulo: Regulaciones sobre la Biodegradabilidad de los Detergentes en medios de lavado, llegó a ser efectivo desde el 1° de octubre de 1964. Para detergentes una biodegradabilidad del 80% es requerida para ser aceptada en el mercado.

4.3.1 Diferentes Clases de Detergentes Sintéticos usados en el Mercado

A.B.S. Alquil bencen Sulfonato (Con cadena carbonada ramificada, ó T.B.S. difícilmente biodegradable).

L.A.B.S. Alquil bencen Sulfonato lineal (con una cadena más recta que la anterior).

Este material fue usado con gran expectación en el experimento de Luton. A pesar que existió una mejora comparada con el "viejo" ABS, los resultados no fueron (prácticamente) satisfactorios.

S.A.S. Alcano Sulfonato Sódico (También con una cadena recta).

Este puede ser producido de los (ampliamente disponibles) hidrocarburos parafínicos, dióxido de azufre y oxígeno bajo la influencia de rayos gamma de una fuente de radio-isótopos cobalto-60.

El S.A.S es biodegradablemente mejor que los otros y casi igual al lauryl sulfato (LS.), uno de los compuestos químicos clásicos que son considerados completamente degradables.

En las tiendas por supuesto, estos compuestos se encuentran con nombres comerciales.

Hace poco fueron probados en los Estados Unidos, diferentes materiales en plantas de purificación de aguas negras, con el siguiente resultado(18)

4.3.2. Tabla N° 4 Remoción de Detergentes por Proceso de Tratamiento de Desechos .

P R O C E S O	Porcentaje Promedio de Remoción		
	ABS	LABS	Alquil Sulfato
Sedimentación Primaria	2-3	2-3	---
Tanque Séptico	9.2	11.8	62.1
Tanque Séptico + Campo de percolación (normal).	73.9	97.4	99.6
Tanque Séptico + Campo de percolación (tanque).	54.5	97.1	99.7
Velocidad Standard del tanque de Oxidación.	< 40	93.1	98.0
Alta velocidad del tanque de Oxidación.	15	56.2	95.2
Velocidad standard de Filtros de escurrimiento.	35.0	84.7	—
Velocidad alta de filtros de escurrimiento.	19.1	71.0	—
Lodo Activado.	45-60	95	100

SECCION 5

DETERMINACION DE SYNDET

5.1 Determinación de Syndet en Lodo Activado.Método

El lodo es pre-tratado con Hidróxido de Sodio. Entonces la determinación es hecha de acuerdo a los Métodos Standard para aguas superficiales.

Equipo

Pipeta de 50 ml.

Pipeta de 25 ml.

Pipeta graduada de 0-5 ml.

Probeta graduada de 100 ml.

Probeta graduada de 25 ml.

Frasco graduado con tapón esmerilado de 250 ml.

Embudo de vidrio con un ϕ de alrededor 5 cm.

Varilla de vidrio, longitud de 20 cm.

Erlenmeyer de 200 ml. Pyrex.

Centrífuga 3000 rpm, con tubos para 30 ml.

Condensador .--

Reactivos

NaOH 50%

NaOH 2N

H₂SO₄ 4N

Solución alcohólica de Fenolftaleína (\approx 1%).

Procedimiento

Transfiero 25 ml. de muestra a un Erlenmeyer.

Agregue 2.5 ml de NaOH 50%. Ebulle con el condensador por 30 minutos.

(Pero hay que tener cuidado de la espuma!). Enfríe el frasco a unos -30°C . Transfiera el contenido del frasco al tubo de la centrífuga. Clarifique por 5 minutos con 3000 rpm. Transfiera el líquido claro a una probeta graduada, usando un embudo.

Agregue el residuo en el tubo de la centrífuga 25 ml. de $\text{NaOH } 2\text{N}$ (con una probeta graduada). Agite el sedimento y mézclelo con el líquido. Transfiera el contenido del tubo de la centrífuga al Erlenmeyer. Ebulle por 30 minutos (como antes). Enfríe a 30°C .

Transfiera el contenido del frasco al tubo de la centrífuga. Centrifugue por 5 minutos a 3000 rpm. El líquido claro (del tubo) es llevado a una probeta o frasco graduado. Agregue 25 ml. de agua destilada al sedimento. Agite y mezcle el líquido y el residuo. El líquido claro sobrenadante es transferido a un frasco graduado. Agregue agua destilada — hasta que el volumen sea 250 ml.

50 ml. del frasco graduado es transferido a un Erlenmeyer limpio. Agregue una gota de Fenolftaleína. Agregue Acido Sulfúrico 4N gota por gota hasta que la decoloración ocurra. Transfiera el contenido del Erlenmeyer a una probeta calibrada y lleve con agua destilada hasta 100 ml. Agite y mezcle el contenido de la probeta y póngalo en embudo separador. Continúe para el agua de Superficie (vea American Standard Methods). —
Cálculos resultados en mg/l ó mg/g .

...

5.2 Determinación de Syndet en Lodo Primario, Lodo Fermentado o Lodo Seco.

Método

El procedimiento es más o menos igual que para el lodo activado.

Procedimiento

Pese 10 gm. de muestra (con seguridad hasta de 0.1) en un Erlenmeyer. Agregue 2.5 ml de NaOH 50% y Agua destilada más o menos 25 ml. La primera parte del procedimiento es igual que para el lodo activado. Del frasco graduado la mayor parte de los 10 ml. deberán ser tomados pipeteándolos para neutralización, para cantidades mayores el cambio en color del indicador no puede verse con seguridad. Más aún, con cantidades grandísimas, ocurren frecuentemente complicaciones con la formación de emulsiones, esto es posible (cuando se está neutralizando) por la formación de un precipitado voluminoso a ser formado.

Esto puede usualmente ser disuelto nuevamente, agregándole una gota de NaOH 2N.

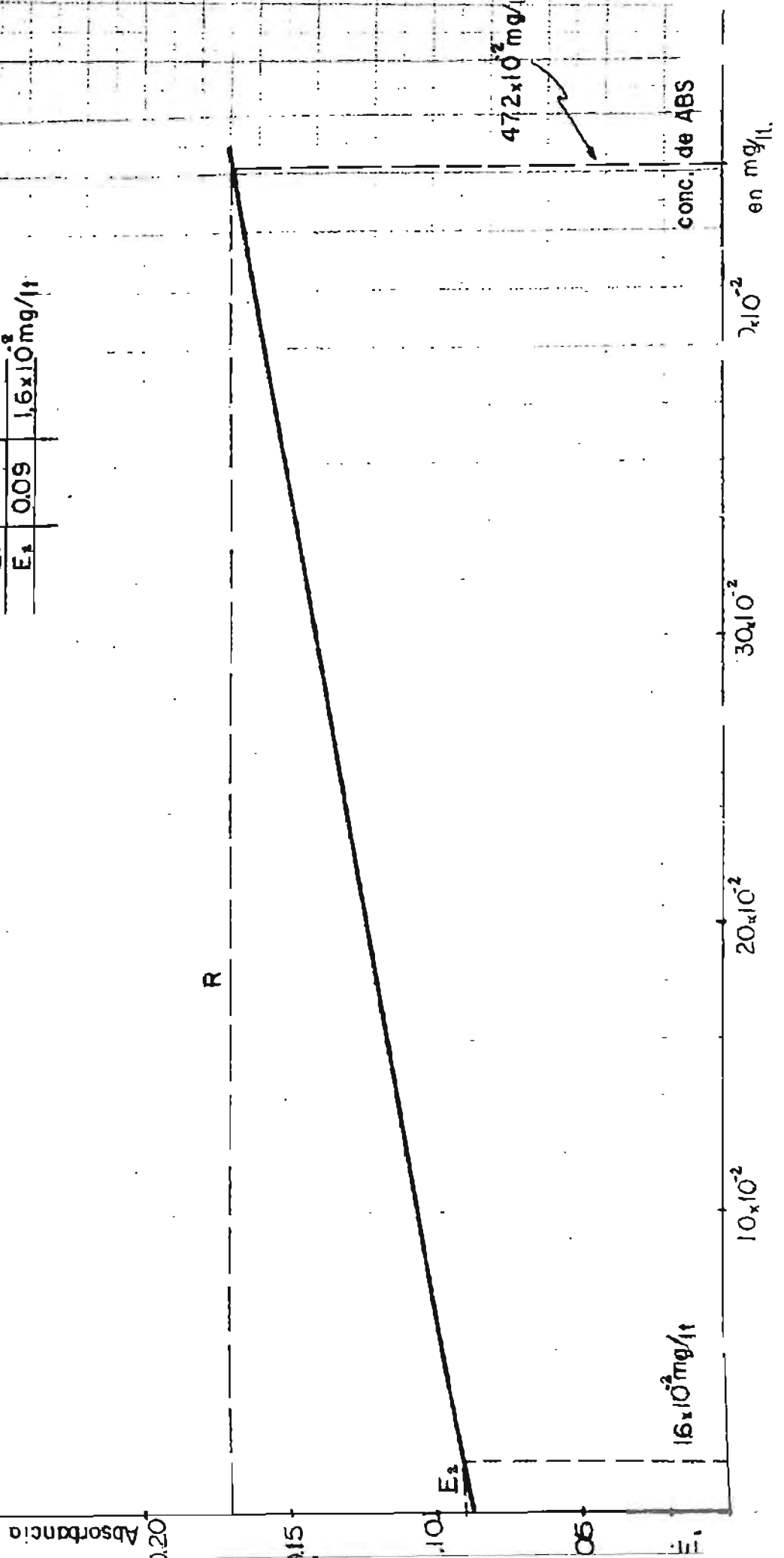
Cálculo de los Resultados:

En mg/lit de materia seca.-

Curva de calibración para la determinación de

Alkil Benceno Sulfonato

INC	A	
R	0.17	$47.2 \times 10^{-2} \text{ mg/lit}$
E ₁	0.02	—
E ₂	0.09	$1.6 \times 10^{-2} \text{ mg/lit}$



SECCION 6

EFECTO DE LOS DETERGENTES SINTETICOS EN LA EFICIENCIA

La primera observación sobre el efecto de los detergentes sintéticos se hace notable en los trabajos de aguas negras cercanos a zonas en donde la promoción y abaratamiento de los detergentes se lleva a cabo. Habíamos dicho que se formaban grandes cantidades de espuma que alcanzaban varios metros de altura en los tanques de aeración, en los puntos donde las burbujas llegan al efluente final y en los ríos en los cuales este efluente es descargado.

En los trabajos de laboratorio han demostrado que pueden producir una espuma estable acercando un efluente de buena calidad, dando como resultado un contenido de una cantidad tan poca como 0.7 ppm del agente activo de superficie.

La espuma llena los controles de la planta, cubriendo la superficie con un fango conteniendo altas concentraciones de agente activo de superficie, grasa, proteínas y sedimentos. Las demás dificultades se han dicho en una sección previa. La cantidad de espuma varía de tiempo a tiempo, por ejemplo el día cuando se acumula la ropa para el lavado, etc. y en cuestión de economía el uso de anti-espumante debe ser bien controlado y también para prevenir la descarga de aceite en el efluente.

En unas pocas plantas de tratamiento la espuma es suprimida por rociado con efluente final recirculado. Este método involucra alto costo de capital a pesar que los costos de funcionamiento son menores que cuando se incluye un anti-espumante, tiene también la desventaja que las áreas de trabajo están permanentemente húmedas y resbalosas.

6.1 Efecto en la eficiencia del tratamiento biológico

Un efecto más grande es en la eficiencia del tratamiento biológico. Una serie de pruebas hechas en "Mogden Works" (15) y en "Middlesex Main Drainage Authority" en GRAN BRETAÑA demostraron en 1961 que la eficiencia de los trabajos fue reducida alrededor del 20% por la presencia de los detergentes.

Es probable que este efecto es debido a la reducción de la velocidad en la cual el oxígeno es transferido desde las burbujas de aire a las aguas negras en el proceso de lodo activado de aire difundido. Estos experimentos comprobaron que los detergentes no afectaban la eficiencia cuando se usa el proceso de lodo activado con aire difundido, cuando la velocidad de distribución de oxígeno estaba en un exceso mayor a la necesitada para el proceso. Sin embargo, cuando la distribución de aire fue exactamente la necesitada, en ausencia de detergentes, hubo una marcada reducción en el grado de nitrificación.

Cuando se introdujo detergente fue necesario aumentar la razón de flujo de aire con un factor de 2 a 3 para restaurar la eficiencia anterior.

En sistemas cuando aeradores mecánicos existe evidencia que los detergentes pueden aumentar la velocidad de oxigenación, se ha pensado que en sistemas intensamente turbulentos el aumento de la velocidad de formación de nuevas superficies puede eliminar el efecto sobre la transferencia de oxígeno.

6.2 Efecto en la Sedimentación y Toxicidad

El efecto de los detergentes sintéticos en la sedimentación primaria del lodo de las aguas negras.

SECCION 6

EFECTO DE LOS DETERGENTES SINTETICOS EN LA EFICIENCIA

La primera observación sobre el efecto de los detergentes sintéticos se hace notable en los trabajos de aguas negras cercanos a zonas en donde la promoción y abaratamiento de los detergentes se lleva a cabo. Habíamos dicho que se formaban grandes cantidades de espuma que alcanzaban varios metros de altura en los tanques de aereación, en los puntos donde las burbujas llegan al efluente final y en los ríos en los cuales este efluente es descargado.

En los trabajos de laboratorio han demostrado que pueden producir una espuma estable aereando un efluente de buena calidad, dando como resultado un contenido de una cantidad tan poca como 0.7 ppm del agente activo de superficie.

La espuma llena los controles de la planta, cubriendo la superficie con un fango conteniendo altas concentraciones de agente activo de superficie, grasa, proteínas y sedimentos. Las demás dificultades se han dicho en una sección previa. La cantidad de espuma varía de tiempo a tiempo, por ejemplo el día cuando se acumula la ropa para el lavado, etc. y en cuestión de economía el uso de anti-espumante debe ser bien controlado y también para prevenir la descarga de aceite en el ofluente.

En unas pocas plantas de tratamiento la espuma es suprimida por rociado con efluente final recirculado. Este método involucra alto costo de capital a pesar que los costos de funcionamiento son menores que cuando se incluye un anti-espumante, tiene también la desventaja que las áreas de trabajo están permanentemente húmedas y resbalosas.

6.1 Efecto en la eficiencia del tratamiento biológico

Un efecto más grande es en la eficiencia del tratamiento biológico. Una serie de pruebas hechas en "Mogdon Works" (15) y en "Middlesex Main Drainage Authority" en GRAN BRETAÑA demostraron en 1961 que la eficiencia de los trabajos fue reducida alrededor del 20% por la presencia de los detergentes.

Es probable que este efecto es debido a la reducción de la velocidad en la cual el oxígeno es transferido desde las burbujas de aire a las aguas negras en el proceso de lodo activado de aire difundido. Estos experimentos comprobaron que los detergentes no afectaban la eficiencia cuando se usa el proceso de lodo activado con aire difundido, cuando la velocidad de distribución de oxígeno estaba en un exceso mayor a la necesitada para el proceso. Sin embargo, cuando la distribución de aire fue exactamente la necesitada, en ausencia de detergentes, hubo una marcada reducción en el grado de nitrificación.

Cuando se introdujo detergente fue necesario aumentar la razón de flujo de aire con un factor de 2 a 3 para restaurar la eficiencia anterior.

En sistemas cuando aeradores mecánicos existe evidencia que los detergentes pueden aumentar la velocidad de oxigenación, se ha pensado que en sistemas intensamente turbulentos el aumento de la velocidad de formación de nuevas superficies puede eliminar el efecto sobre la transferencia de oxígeno.

6.2 Efecto en la Sedimentación y Toxicidad

El efecto de los detergentes sintéticos en la sedimentación primaria del lodo de las aguas negras.

Es importante observar la condición de la dureza del agua con el efecto de los detergentes.

En aguas suaves los detergentes reducen ligeramente la cantidad de lodo sedimentado en un tiempo dado. En aguas duras sin embargo, resulta un aumento considerable de volumen de lodo, también lodo adicional conteniendo calcio y fosfato, junto con la materia orgánica floculada derivada de las aguas negras. Ya que en aguas duras el agente activo de superficie tiende a reducir la cantidad de lodo formado, el aumento de volumen de lodo parece ser debido a la presencia de los constructores del detergente.

Es lógico que los detergentes no son los causantes de una operación deficiente en los tanques sépticos pero el aumento de volumen de lodo resultado del uso de ellos, en las aguas duras del distrito causará una acumulación de sólidos orgánicos y materia inorgánica en el tanque séptico.

Experimentos (*) han demostrado que una solución de detergentes empacados conteniendo el equivalente del 0.3 ppm Manoxol, OT, en agua clara es fatal a la mitad de una población de truchas en alrededor de 12 semanas.

En el futuro, cuando existan en nuestro país plantas de tratamiento de aguas negras será interesante observar si en los efluentes de un proceso de aguas negras, esta cantidad será menor y no presentará daño a los peces.

6.3 Efecto en la Transferencia de oxígeno en los ríos

Medidas en canales (4) han demostrado que el agente activo de superficie reduce también la velocidad de re-oxigenación del agua a tra-

(*) Herbert et al Water and Waste Water Journal 1957, 6, 324. ...

vés de la superficie, el efecto es pequeño cuando el agua es aún o está muy turbulenta pero alcanza un máximo a coeficientes de 5 a 10 cm/hr, - correspondiente a una corriente de tierra baja.

En estas condiciones 1 ppm reduce el coeficiente de intercambio para aguas limpias en alrededor del 60%. Otros constituyentes de efluentes de aguas negras tienen un efecto similar; por ejemplo 10% en volumen de efluente de aguas negras libre de detergente reduce el coeficiente de intercambio en alrededor del 30%. Ya que el efecto del detergente es adicional a éste, sin duda la introducción de detergentes sintéticos ha disminuido aun más las concentraciones de oxígeno en ríos y estuarios contaminados.

El apareamiento de espuma en ríos a los cuales efluentes de aguas negras son descargados es una clara indicación que el agente activo de superficie usado para usos caseros en el presente en nuestro país no es removido. En el caso de removerse la proporción puede ser tan baja como el 40% y la concentración en el efluente puede algunas veces talvez alcanzar 10 ppm.

Aun en países desarrollados en muchos casos los ríos que sirven como una fuente de agua potable se encuentra trazas del agente activo de superficie o sea que no es completamente removido por un proceso de purificación normalmente empleado en los Trabajos de Aguas Negras.

6.4 Efecto de los detergentes biológicamente suaves

Muchas de las consecuencias adversas de la descarga de detergentes sintéticos domésticos a las aguas negras resultan de un rompimiento incompleto del constituyente activo en un proceso de tratamiento de aguas negras normal. La facilidad con que los compuestos de este tipo se rom-

pen en la oxidación biológica es dependiente de la configuración exacta del grupo alquilo R. El Alquil Bencen Sulfonato generalmente usado es - muy resistente al ataque y esto es atribuido al enramamiento de la cadena carbonada. Un alquin bencen sulfonato tiene una cadena recta de 10 ats de C., con el anillo bencénico agregado a un átomo de C. terminal, - es rápidamente degradable. Entonces lo mejor es emplear un alquil bencen sulfonato relativamente con pocas ramificaciones en la cadena carbonada este es llamado biológicamente "suave" (por ej. Dobanc J.N. Sulfonato) cuando se compara con el material biológicamente "duro".

SECCION 7

DETERGENTES SINTETICOS Y DIGESTION DE SEDIMENTOS

Hemos visto que varias de las consecuencias de la introducción de los - detergentes es la producción de espuma en los trabajos de aguas negras y en los ríos, la disminución de la transferencia de oxígeno de el aire al agua y el aparecimiento de trazas del agente activo de superficie o los productos de su degradación en la distribución de agua.

El material que estaba de moda en 1961 en los detergentes domésticos eran los llamados alquil bencen sulfonatos "duros" (Tetrapropileno de Sodio bencen sulfonato o TBS), llamado en el comercio como Dobane PT Sulfonato.

Desde 1961 un alquil bencen sulfonato biológicamente "suave", Dobane J. N. Sulfonato, llegó a ser progresivamente de gran uso y constituyó al final de 1964 (junto con un grado mejorado de Dobane JNX) como el 50-70% de los alquil bencen sulfonatos (ABS) usados para propósitos domésticos. Por ejemplo en Gran Bretaña se propuso materiales aún más suaves tales - como JNO36 Sulfonatos u otros materiales de estructura química diferente. Muchas de las dificultades anteriores, con la introducción de estos materiales biodegradables han sido ligeramente superadas pero aun el porcentaje de remoción en una planta altamente eficiente será alrededor del 64, 86, 91 y 93 para Dobanes PT, JN, JNX y JNO36 respectivamente (7).

7.1 Efectos de los detergentes en la Digestión

En la mayoría de los Trabajos de Aguas Negras es usada Digestión Anaeróbica como una etapa esencial en el tratamiento y disposición del lodo y cualquier interrupción en su continuidad puede formarle a las auto-

tidades de aguas considerables dificultades y gastos.

Ha sido conocido por muchos años que altas concentraciones de ciertos -
detergentes pueden afectar la digestión pero estas observaciones no han
sido tomadas en cuenta probablemente por que el agente activo de super-
ficie en los digestores no ha sido usualmente detectado en altas concen-
traciones.

En Gran Bretaña en 1965 sugirieron que una contribución a las fallas en
la Digestión Fría en los Trabajos de Aguas puede ser la alta concentra-
ción del detergente (concentración promedio) sintético en las Aguas Ne-
gras (35-45 mg/l).

En 1944 demostraron que una concentración de los 750 mg/lit* en lodo sin
tratamiento, un alquil bencen sulfonato causó una inhibición significan-
te de la fermentación de metano. Pero los alquil sulfatos después de un
retardo inicial no causaron ninguna reducción seria en la producción de
gas. Experimentos posteriores han confirmado que si se agregan al lodo
aproximadamente 750 mg/lit de agente activo de superficie en las formula-
ciones comerciales basadas en ABS, causa una gran inhibición inicial de
la producción de gas; por último se puede controlar del 80-90% del valor
de control.

Manganelli, Henkelekian y Henderson (~~et~~) encontraron que la producción
de gas en la presencia de 390 mg/lit ABS (1.15 por ciento en sólidos se-
cos) fue ligeramente reducido, pero 655 mg/lit (1.96 por ciento en sólidos
secos) reduce la producción de gas en alrededor del 40% del control;
licuefacción fue también afectada. Un factor importantísimo es el cocien-

* Concentración en términos de "Ninoxol OT"

~~et~~ (1) Mang. et al Proc. 15th Ind. Waste Conf. Purdue Univ. 1960, V99

te del agente activo de superficie a sólidos totales y posiblemente al área de superficie. Klein concluyó de experimentos de laboratorio a 37° C, que una concentración de 935 mg/l ABS estuvo cerca del nivel de tolerancia para la digestión. Estudios en la digestión del lodo a 17° C en Birmingham, que cuando el contenido de detergente en el lodo húmedo anda por los 500 mg/lt de material activo de superficie, el gas producido fue inicialmente reducido y por último recuperado.

Aumentando la concentración a 700-800 mg/lt, sin embargo, causa un declinamiento progresivo en la producción del gas hasta menos de la mitad del valor original.

Recientemente los efectos de los detergentes biológicamente "duros" y "suaves" han sido comparados obteniendo resultados similares con TBS y un ABS "suave" sin ramar en un lado de la cadena.

DETERGENTE A. En pruebas "batch" al agregar 625 mg/lt de agente activo de superficie o más, a un lodo crudo (sin tratar, el cual contiene una determinada cantidad de detergente), causa una seria inhibición en la producción del gas, asociado con un gran aumento en ácidos grasos en el lodo.

Similares resultados se han encontrado con detergentes semicontínuos. Además en pruebas batch un lodo libre de detergente fue usado; agregando ya sea TBS o detergente A a una concentración de 250 mg/lt de material activo de superficie, reduce la producción de gas en el 15% mientras que 625 mg/lt causan una reducción inicial del 40% y por último inhibición completa.

Se ha demostrado (14) que la producción de gas fue marcadamente suprimida tanto por alquil bencen sulfonatos "duros" y "suaves" cuando una cantidad adicional de 290 mg/lt (1.35% en sólidos secos) fue agregada al lodo. Hay indicaciones de que ambas etapas "licuefacción" y "gasificación" fueron suprimidas. Un alquil sulfato primario y un detergente no iónico, se encontró que eran menos inhibitorios. Tal información nos sugiere que mientras los alquil sulfato son casi destruidos, hay menos del 20% de rompimiento ya sea "duros" o "suaves" (alquil bencen sulfonatos).

7.2 Concentración en el lodo

La proporción de agente activo de superficie removido (estimados) durante la sedimentación primaria están en el rango de menos del 10 por ciento a 30-50 por ciento.

La proporción removida depende de un número de factores, en particular la concentración del detergente en la fase líquida, el tamaño físico y concentración de sólidos, la temperatura y la eficiencia de sedimentación,

La concentración promedio de detergentes sintéticos en aguas negras antes y después de la sedimentación en los trabajos de Aguas Negras de Slough (8), fueron 15.7 y 12.3 mg/lt respectivamente por un período de 6 años, 1957-1963 - una remoción del 22%.

En Hogsmill Valley Works (6) el promedio de remoción en 1962-1963 fue 2.4 mg/lt de aguas negras sin tratar conteniendo 13.6 mg/lt de agente activo de superficie; el contenido de detergente del lodo crudo fue 0.95% de sólidos secos, encontrados por análisis de lodo.

...

Como los detergentes en uso llegan a ser más degradables biológicamente aumenta la posibilidad que la descomposición pueda ocurrir en los tanques de sedimentación si las condiciones son ligeramente aeróbicas. El peso recuperado en el lodo deberá ser entonces menor que aquel removido de las aguas negras, 23% del material activo de superficie en las aguas negras crudas, fue removido en los tanques de sedimentación primaria, correspondientes a una reducción de 2.8 mg/lt. En este tiempo el cociente JN:PT - en las aguas negras crudas, determinado por análisis de rayos infrarrojos fue alrededor de 43:57.

Si se supone que 280 mg/lt de sólidos suspendidos son removidos, la proporción observada de agente activo de superficie removida deberá corresponder a una concentración de 1% en los sólidos secos (en el lodo) ó 500 mg/lt en lodo húmedo conteniendo 5% de sólidos.

Determinaciones recientes indican que los valores que van desde 200-500 mg/lt en lodo húmedo, correspondiendo a 0.6-1.4% de materia seca.

7.3 Experimentos de Digestión en Laboratorio

En experimentos batch en el laboratorio han demostrado una marcada inhibición cuando suficiente Dobane PT ó Dobane JHX fueron agregados hasta llevar la concentración a 700 mg/lt.

Se observaron efectos similares cuando se agregó materiales a las aguas negras crudas.

A concentraciones bajas se observó retardación aunque después se recuperó. Pero los resultados de los análisis antes y después, nos indican que no existe proporción significativa de que algún tipo de detergente haya sido removido.

Por lo tanto la distinción entre detergentes "duros" y "suaves" no necesariamente se aplica en sistemas anaerobios.

También es significativo que ha sido imposible digerir satisfactoriamente el lodo de origen puramente doméstico en digestores semicontínuos.

Se han hecho determinaciones sobre el equilibrio de adsorción de alquil bencen sulfonato, entre los sólidos sedimentables y las aguas negras sedimentables.

X = peso del material activo de superficie adsorbido por 100 gms de sólidos secos.

C = Concentración en las aguas negras sedimentables como "Manoxol OT" — por litro, entonces los resultados obedecen una ecuación de la forma

$$X = KC^{1.3} \text{ entre } 13 - 17^{\circ}\text{C}$$

Teniendo K valores desde 0.03-0.07 para aguas negras obtenidas de varias fuentes.

Usando estos resultados es posible estimar el aumento en alquil bencen sulfonato el cual es necesario antes que las dificultades con la digestión puedan esperarse.

Tomando una concentración de 1.5% de los sólidos secos como el límite — para una digestión satisfactoria los resultados sugieren que el nivel de berá ser alcanzado con una concentración promedio en las aguas sedimentables en el rango de 15-23 mg/lt.

En Gran Bretaña la concentración promedio de aguas negras crudas es de 18.3 mg/lt y la proporción removida durante la sedimentación primaria — es del 20% correspondiente a una concentración en aguas negras sedimentables de 14.6 mg/lt.

De donde pues el aumento en las ventas necesariamente aumenta la concentración promedio de lodos en los cuales pueden aparecer dificultades de en

tro del rango de 0-50%.

Cualquier aumento en las ventas de detergentes conteniendo alquil bencen sulfonato deberá ser visto con recelo.

En nuestro país el aumento de venta de tales productos no es un problema debido a que el costo no es lo suficientemente bajo y a que una gran proporción de productos de jabón son vendidos en este país.

Ha sido mencionado que materiales del tipo de los alquil bencen sulfonatos deberán ser reemplazados por materiales de diferente estructura. Algunos de éstos pueden ser no-iónicos más que aniónicos. El efecto de muchos de estos materiales alternativos en la digestión no es todavía conocido.

SECCION 8

DETERGENTES NO-IONICOS

Hace unos años muchos de los efectos adversos asociados con la contaminación debida a los detergentes sintéticos ha sido atribuida a los materiales aniónicos y la atención ha sido dirigida al uso de los materiales biodegradables o ABS "suaves".

Los materiales no-iónicos actualmente en uso están presentes en las aguas negras en concentraciones relativamente bajas (1-2 mg/lt en aguas negras puramente domésticas) y son más que difíciles de degradar. Ellos tienen un efecto muy importante y es que estabilizan la espuma producida en efluentes y agua de ríos con bajas concentraciones de ABS.

Para considerar el grado de biodegradabilidad necesario para eliminar la espuma es necesario tener en cuenta los efectos tanto de detergentes aniónicos y no-iónicos y la posible degradación de los productos de ellos.

8.1 Materiales Típicos

Los detergentes no-iónicos actualmente en uso son producidos por la condensación de altos alcoholes, o alquil fenoles altos, con óxido de etileno. El material comercial más ampliamente usado es el Lissapol NX y el Nonidet P40 los cuales son producidos combinando una molécula de nonil u octil fenol respectivamente con 8 moléculas de óxido de etileno. Como en el caso de los detergentes aniónicos, muchas configuraciones de la cadena alquilada son teóricamente posibles y la biodegradabilidad y posiblemente la toxicidad en los peces, dependen del grado ó número de ramas.

La biodegradabilidad puede ser afectada en alguna extensión debido a la proporción del óxido de etileno en una molécula. En la práctica los materiales usados pueden contener de 3 a 14 grupos de óxido de etileno por molécula.

Materiales no-iónicos preparados por la etoxilación de alcanolamidas derivadas del aceite de coco son incluidos comúnmente en las formulaciones de detergentes como estabilizadores de espuma (12).

8.2 Biodegradabilidad

Con respecto al Lissapol N (alquil fenol etoxilado con ramificaciones) en el tratamiento de aguas negras en filtros percoladores en Macdesfield (Gran Bretaña).

Cuando la concentración fue 50 mg/lit no hubo efecto en el desarrollo, pero a 100 mg/lit el nivel de nitrificación fue afectado. Alrededor del 30% del detergente fue removido durante el tratamiento, aparentemente por adsorción ya que no hubo evidencia de biodegradación.

Los etoxilatos de alcoholes alifáticos fueron más rápidamente degradados que los provenientes de alquil fenoles, que aumentando la proporción de óxido de etileno disminuyen la biodegradabilidad y las cadenas con ramificaciones son más resistentes que las cadenas rectas.

Experimentos en la Planta Piloto del "Water Pollution Research Stevorage, indioan que alrededor del 80% de Nonidet P80 (octil fenol condensado con 11 moléculas de óxido de etileno) es removido durante el tratamiento de aguas negras, y que el etoxilato de coco alcanolamida es casi completamente removido. Pruebas en pequeña escala demostraron que los alcoholes primarios eran completamente degradados.

Por ejemplo, los alcoholes primarios etoxilados (1 decanol a 1 octadecanol) son rápida y completamente degradados y por ejemplo el contenido de óxido de etileno (por lo menos hasta 11 grupos por molécula) no afecta a la biodegradabilidad. Un alquil fenol etoxilado con cadena ramificada se encontró que era aún más resistente que el ABS "duro".

Pruebas de campo han sido hechas en Estados Unidos con un equipo de tratamiento de lodo activado con aereación. Encontraron que el 60% de un detergente no-iónico "duro" fue removido comparado con un 93% de un alcohol secundario etoxilado y un 91% del sulfato correspondiente. Los valores comparables de ABS "duro" y "suave" fueron 56 y 90% (17)

8.3 Efecto de la Espuma y Toxicidad.

La primera indicación que los detergentes sintéticos para uso doméstico afectan la purificación de las aguas de desperdicio es el apareamiento de espuma en la superficie del líquido en los tanques de aereación de las plantas que usan el proceso de lodo activado.

La altura de la espuma en una ciudad con poca demanda de detergentes alcanza 6 pulgadas aprox. y luego a mayor demanda y crecimiento urbano puede llegar hasta 120 pulgadas. Cuando esta situación impera trae como consecuencia que no se puedan ver los controles, ni los caminos y hace virtualmente imposible el rescate de un hombre que caiga dentro del tanque. Cuando hace viento la espuma se riega por los alrededores y en el caso del proceso de lodo activado el cual consiste en una gran parte de bacterias, cuando la espuma es regada a varios kilómetros ya sea en zonas agrícolas o en zonas urbanas, esto naturalmente representa un peligro a la salud pública. Se pueden plantear alternativas para la disminución de la espuma como se ha visto anteriormente, por ejemplo:

- 1) Regar con kerosene, Diesel, aceite, etc y removiéndolos por medios mecánicos.
- 2) Agregando un agente anti-espumante por ejemplo Silicinas, etc, los cuales debilitan la cubierta de la burbuja y ocasionan que las burbujas pequeñas se reúnan formando burbujas mayores que rompen con facilidad en la superficie del líquido.
- 3) Rociando con un efluente final recirculado. Pero este método involucra un costo elevado.

Cuando las aguas de desperdicio llegan a ser más puras la formación de espumas aumenta. El grado de espuma puede ser disminuido al aumentar la concentración del lodo activado en el líquido que está siendo aerado. La contaminación empieza cuando la concentración del agente activo de su superficie es 15-20 ppm ó más.

De gran ayuda es llevar datos de contaminación de la calidad, antes de la introducción de los detergentes, encontrar el número de toneladas consumidas por día y luego ver el aumento por año. Por ejemplo:

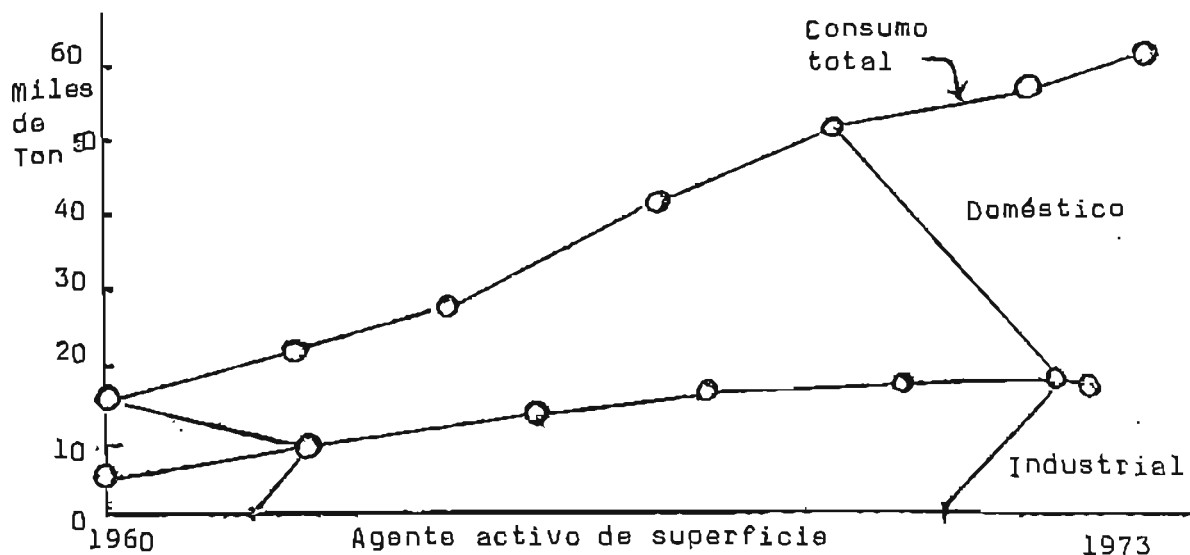


Fig.4

Después de este análisis puede deducirse el costo de una planta de tratamiento para llevar nuevamente al grado existente por ejemplo en 1960, o sea restaurar las normas de purificación.

El agente activo de superficie de los detergentes sintéticos reduce la velocidad de transferencia de oxígeno a través de la interfase aire-agua. En un río la concentración de oxígeno disuelto es el resultado de los factores:

- a) Los cuales tienden a reducirlo. Respiración de plantas y animales y procesos de oxidación microbiológica ocurriendo por ejemplo en materia suspendida y en el fondo de depósitos.
- b) Los cuales tienden a aumentarlo, por ejemplo:

re-oxigenación a través de la superficie y fotosíntesis

Cuando transferencias de masa a través de la superficie es un factor mayor en el balance de oxígeno, una reducción en esta velocidad de transferencia puede afectar adversamente la concentración de oxígeno en el agua y de aquí las características propias de la corriente. El efecto del ABS depende de la turbulencia del agua o agitación del agua en la cual está presente.

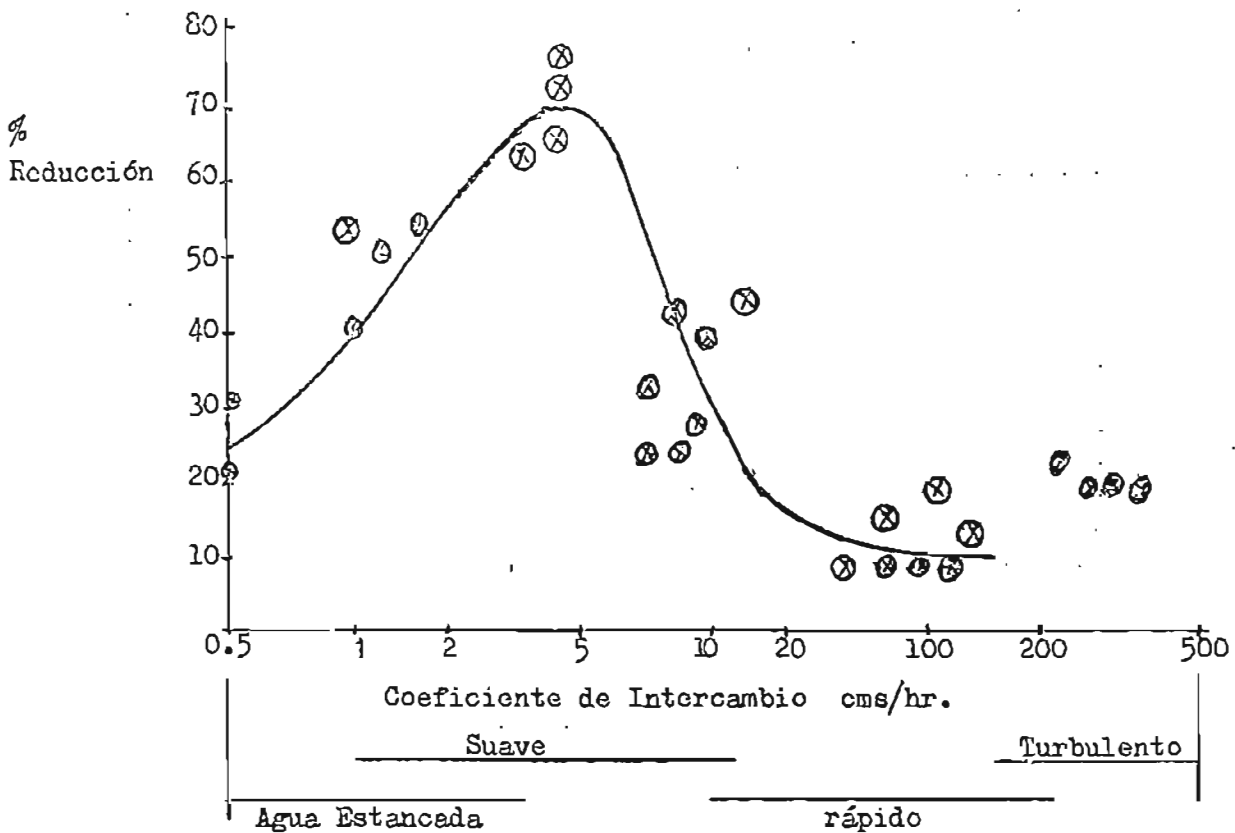


Fig. 5 Efecto de detergentes sintéticos en la velocidad de aereación de aguas superficiales. (Concentración del agente activo de superficie: 1 ppm como Manoxol OT).

El detergente tiene su máximo efecto cuando el coeficiente de intercambio es 5-10 cm/hr[±]. Este coeficiente es una medida de la velocidad en la cual el agua bajo condiciones dadas absorberá oxígeno y este valor corresponde al observado en un río o corriente.

Un valor bajo del coeficiente (agua estancada) o con un valor alto (corrientes de montaña), el efecto depresor del agente activo de superficie es menor.

± Ej. 5-10 μg de O₂ por hora por cm² por μg/ml de déficit de saturación.

El efecto de casi todas las sustancias tóxicas se aumenta grandemente cuando la concentración de oxígeno es reducido, es por esto que pequeñas concentraciones de veneno pueden ejercer un efecto tóxico significativo en un río contaminado en el cual la concentración de oxígeno es normalmente baja.

Cuando aguas para uso potable son tomadas de aguas superficiales, es necesario considerar cuidadosamente los constituyentes de los detergentes, los cuales tienen influencia en el sabor y seguridad de la distribución del agua. Deberán producirse detergentes que sean aceptables para las amas de casa pero que sean destruídos en la planta de tratamientos de aguas negras, sin lugar a dudas muchas de las dificultades presentes desaparecerán.

8.4 Necesidad de los Detergentes No-iónicos Biodegradables.

Si la espuma en los ríos quiere ser eliminada será necesario producir ya sea materiales aniónicos los cuales son completamente degradables o materiales no-iónicos los cuales sean más degradables que aquellos que están en uso actualmente. Si nosotros suponemos que la espuma no ocurrirá a una concentración de 0.4 mg/lt de material aniónico en la ausencia de material no-iónico, o a concentraciones de 0.2 mg/lt de cada uno de los materiales aniónicos y no-iónicos presentes, entonces si las aguas negras contienen 20 mg/lt de material aniónico y 2 mg/lt de material no-iónico y si la espuma es eliminada, el grado de remoción requerido para cada material es demostrado en la siguiente tabla:

SECCION 9

SUBSTITUCION DE LOS DETERGENTES "DUROS" POR DETERGENTES "SUAVES"

Hemos visto muchos de los efectos adversos de los detergentos sintéticos.

El grado de remoción por acción biológica (biodegradabilidad) fue influenciada por la estructura de la cadena alquílica.

Esta, en materiales de interés comerciales contiene de 10-14 átomos de C y en los materiales originalmente usados fue derivado del propileno.

Un típico material de esta clase (Dobane PT sulfonato de Sodio) conteniendo varios cientos de componentes, teniendo un gran número de ramificaciones fue reducido en un eficiente tratamiento de aguas negras hasta un 67%.

Ha sido evidente que usando un lodo de la cadena sin ramificar en la forma de un alquil bencen sulfonato lineal (LAS) la biodegradabilidad se aumenta poderosamente y estos materiales se conocen como biológicamente "suaves", mientras que los derivados del propileno se conocen como "duros".

Terminología semejante es aplicada a otros tipos de materiales activos de superficie. Pero estos términos "duros" y "suaves" son relativos. La remoción de un alquil bencen sulfonato biológicamente "suave" fue hasta del 90% en un proceso eficiente de aguas negras en el Experimento de Lyton en 1958.

En 1964 materiales más "suaves" fueron introducidos alrededor de la $\frac{1}{2}$ de los alquil bencen sulfonatos en Inglaterra, por ejemplo. En 1965 — (10. de enero) los fabricantes europeos se pusieron de acuerdo para discontinuar la manufactura de detergentes aniónicamente "duros" para —

el mercado doméstico y datos analíticos confirmaron que el cambio fue completo en el tercer cuarto de 1968.

Los materiales ahora en uso en Inglaterra son más degradables que aquellos usados en Luton.

Se ha reportado que en muchos de los trabajos de aguas negras que empleaban dispositivos para la supresión de espuma han sido grandemente reducidos y que en algunos trabajos la adición de agentes anti-espumantes no ha sido necesaria, resultando en el ahorro de varios miles de dólares.

En la mayoría de los países industrializados detergentes "duros" han sido reemplazados por materiales "suaves". En la República Federal de Alemania, la legislación efectiva del 1ro. de Octubre de 1964 prohíbe el uso de detergentes sintéticos los cuales no han pasado una prueba de biodegradabilidad. El nivel permisible es del 80% de remoción para una prueba de lodo activado con una gran velocidad. Entre 1964 y 1965 reducción del 33 al 77% fue observada en la concentración de residuos de detergentes en los ríos alemanes.

9.1 Bases de la degradabilidad biológica

La prueba oficial alemana, es un proceso de flujo continuo de lodo activado mezclado, el cual tiene un período de retención de 3 hrs y emplean aguas negras sintéticas y un lodo desarrollado completamente — dentro del aparato.

En el Laboratorio de Stevenage (Water Pollution Research), Inglaterra, aguas negras libres de detergente han sido preparadas para trabajos con cornicetes con detergentes sintéticos y después de agregar el detergente en prueba, es tratado en pequeños filtros percoladores o en pequeñas — plantas de lodo activado.

En los Estados Unidos un procedimiento de tres etapas ha sido propuesto involucrando primero una prueba de simple incubación, seguida por "frascos de agitación" prueba confirmatoria en la cual la muestra es aerada con una semilla adimatizada.

Materiales que fallan esta prueba son llevados a prueba de lodo activado semi-contínuo, dando un período de retención de 23 horas y empleando aguas negras sintéticas y un lodo activado obtenido de trabajos de aguas negras.

Pero ninguno de estos métodos ha sido aceptado internacionalmente; la prueba alemana siendo un requisito legal está en una categoría especial. En verdad no puede llegarse a una prueba aceptada internacionalmente debido a los requisitos nacionales. Por ejemplo el nivel de aceptación es del 80% en Alemania y 90% en Estados Unidos.

9.2 Análisis de la espuma de líquidos conteniendo detergentes sintéticos.

El aparato consiste de un tubo de vidrio (vertical) de 6 pies de longitud y 4 pulg. de diámetro interno, fijado con un cubo difusor de una pul. y con tapón de muestreo en su final más bajo. El tapón de 1 pulgada de diámetro es también usado para el vaciado y lavado rápido de la columna.

Una válvula de aguja y un rotámetro son usados para control y medida de aire libre de dióxido de carbono al difusor, la presión de la distribución se mantiene constante a 4 lbf/pulg². En la operación la columna fue llenada hasta 3 pies de profundidad arriba del difusor y el flujo del aire es ajustado a 90 ml/min.

La altura de la espuma fue medida de la superficie de la columna expandida del líquido cuando es acreado a 90 m/min. Se toman lecturas en omb. Se toman a intervalos después de que empieza la acreación. Todos los experimentos a 25° y se hacen varias determinaciones de cada muestra usando una porción fresca en cada tiempo.

La columna se lava entre las determinaciones.

En muchos de estos experimentos aguas negras libres de detergentes y efluentes derivados de filtros percoladores tratando estas aguas negras, fueron tratados (unos 200 gal de aguas negras sintéticas, hechas de heces fecales, orina, jabón, almidón, tierra y agua del chorro, fue preparada diariamente en el "Water Pollution Research Stevonage" para propósitos experimentales.

En la mayoría de los experimentos una mezcla conteniendo iguales pesos de 2 casas propietarias de detergentes (todos conteniendo ABS como agente activo de superficie) fueron agregados a estos líquidos para dar concentraciones de agente activo de superficie aniónico en el rango de 0.5 a 20 ppm (todas las concentraciones de detergentes son expresadas como Manoxol O. T. y fueron determinadas por el método de Longwell y Manioco³)

En unos pocos experimentos el comportamiento de un tipo nuevo de detergente Teepol, un alquil sulfato secundario, fue estudiado.

RESULTADOS

Experimentos con mezcla de detergentes caseros

En la fig. 6

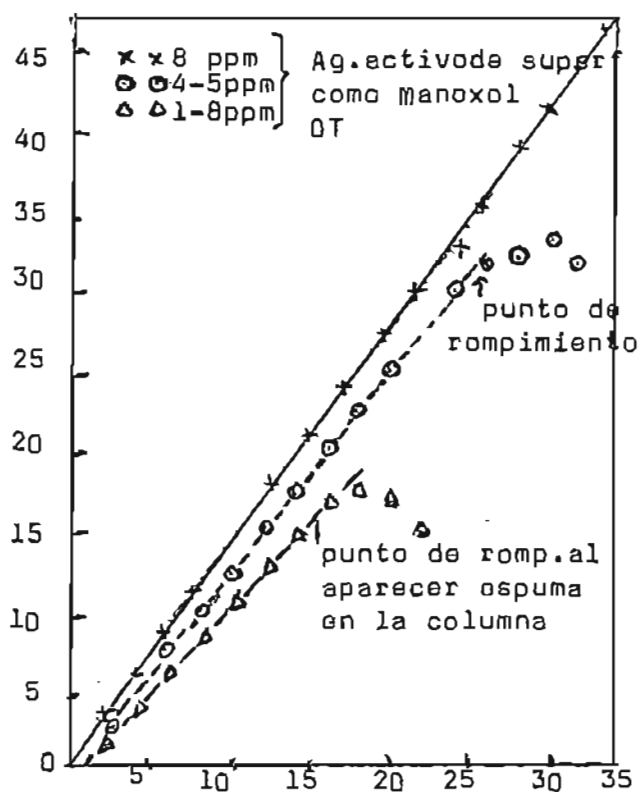


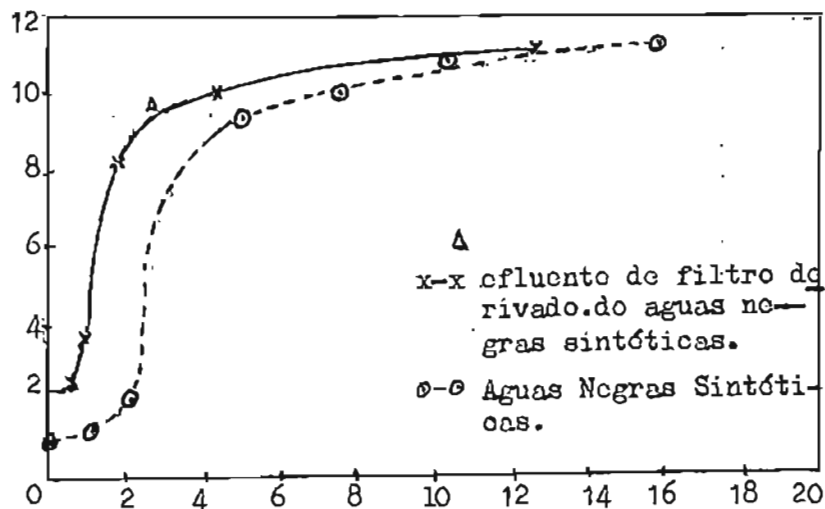
Fig. 6. Efecto del período de Aereación en la altura de la espuma producida por diferentes concentraciones de mezcla de detergentes caseros en efluente de filtros.

La espuma producida por la adición de agente activo de superficie para dar concentraciones de 1.8, 4.5 y 8 ppm en efluente de río libre de detergente, aumenta linealmente con el tiempo. Después de un cierto período, dependiendo de la concentración del detergente, el aumento regular en altura de la espuma llega a ser errático, grandes cavidades aparecen y el colapso de la columna comienza. La máxima altura en la columna apareció rápidamente después que apareció el rompimiento en la columna de espuma. Para propósitos de medida, la altura en la cual el rompimiento a parece se conoce como "la máxima altura".

Con bajas concentraciones de detergente la altura de la espuma alcanza la máxima en unos pocos minutos y cuando la concentración se aumenta, la altura máxima y el tiempo requerido para alcanzarlo, también aumenta.

Resultados similares se encontraron para aguas negras sedimentadas y agua del chorro a la cual se le había agregado detergente.

En la figura 7 la máxima altura de espuma alcanzada para diferente clase de líquidos es demostrada.



Concentración Inicial de Agente Activo de Superficie
(ppm Manoxol O.T)

Fig. 7

SECCION 10

METODO PARA LA DETERMINACION DE ABS (1)

Se usa un aparato Spectronic 20 Bausch and Lomb. Con Filtro rojo y una celda de 1 cm de espesor, longitud de onda de 652 nm.

10.1 Reactivos

a) Solución Standard de alquil bencen Sulfonato (ABS)

Se usó 1.00 gr. de ABS en un 100 por ciento de base activa. Se disolvió en agua destilada y se llevó a 100 ml.

Se diluyó 10 ml. de esta solución llevado a 1000 ml con agua - destilada.

Entonces 1 ml = 0,010 mg ABS;

b) Solución indicadora de Fenolftaleína;

c) NaOH 1N

d) N_2SO_4 1N

e) Coloroformo - grado ACS

f) Reactivo azul de metileno.

g) Solución de lavado:

6.8 ml H_2SO_4 concentrado agregando a 500 ml de agua destilada en un frasco de 1 lt. Agregar 50 g. NaH_2PO_4 , H_2O agitando hasta - disolución completa . Diluir 1 lt.

(1) Standard Methods American Public Health Educ, N.Y., 1960

10.2 Procedimiento

10.2.1 Preparación de la Curva de Calibración.

En 10 embudos separadores preparamos con solución Standard de ABS muestras de 0.00, 1.00, 3.00, 5.00, 7.00, 9.00, 11.00, 13.00, 15.00 y — 20.00 ml.

Agregando suficiente agua hasta un volumen total de 100 ml en un embudo - separador, tratando cada Standard como está descrito en la Sección 10.3 y se grafica una curva de calibración de mg ABS vers. absorbencia.

10.3 Extracción y desarrollo del color

- a) Hacer una solución alcalina agregando NaOH usando Fenolftaleína como indicador. Acidificar con H_2SO_4 y transferir a un embudo separador.
- b) Agregar 10 ml de cloroformo y 25 ml de azul de metileno. Agitando vigorosamente por 30 segundos y deje que se separen las fases. Si se agita excesivamente puede cuasar problemas de agitación. Algunas muestras requieren mayor período de separación de fases que otras.
- c) Quite la capa de cloroformo del embudo separador. Lave la primera separación del embudo con un poco de cloroformo. Repetir la extracción tres veces usando 10 ml de cloroformo cada tiempo. Si el color azul en la fase acuosa llega casi a desaparecer agregue 25 ml. de azul de metileno.
- d) Combine todos los extractos en el segundo separador; agregue 50 ml. lave la solución y agite vigorosamente por 30 segundos. Emulsión

no se forma en esta etapa. Deje que se sedimente y saque la capa de cloroformo a través de lana de vidrio en un frasco volumétrico de 100 ml. Repita los lavados 2 veces más con 10 ml de cloroformo cada tiempo.

Colete los lavados en el frasco volumétrico, diluya a la marca y mezcle bien.

Cálculos.

$$\text{Mg/lt total aparente de ABS} = \frac{\text{mg ABS} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Curva de Calibración

<u>Conc. (mg/lt)</u>	<u>Absorbancia</u>
0	0.08
0.9×10^{-2}	0.08
4.9×10^{-2}	0.10
10.0×10^{-2}	0.11
16.9×10^{-2}	0.12
22.5×10^{-2}	0.13
40.0×10^{-2}	0.15

Muestra de Cálculo

Para la solución de 0.9×10^{-2} mg/lt.

Se tomó 3 ml de solución de ABS que contenía 0.010 mg en 1 ml.

$x = 10$ mg/lt.

$x = 3 \times 10^{-2}$ mg en 3 ml.

3 ml de la solución se llevaron a 100 ml

$x = 9 \times 10^{-4}$ mg/100 ml.

Concentración final 0.9×10^{-2} mg/lt para la solución en que se puso 3 ml.

Absorbencia de las Muestras.

R - 67% T — 0.17 Abs.

E₁ - 95% T — 0.02 Abs.

E₂ - 82% T — 0.09 Abs.

Cada muestra fue de 100 ml.

COMENTARIOS

Las muestras fueron tomadas en el río Acelhuate cerca de la Fábrica (E) y la Fábrica Rinso (R). Observándose en los cálculos una tremenda contaminación de detergentes.

$$\text{mg/lt total aparente de ABS} = \frac{47.2 \times 10^{-2} \times 1000}{100} = 4.7$$

Todo esto fue hecho por un analista calificado del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador. (Ver gráfica de calibración anexa).

BIBLIOGRAFIA

1. Downing, SELECTED SUBJECTS IN WASTE TREATMENT, Delft University of Technology, 1972, Holland.
2. Department of Scientific and Industrial Research SAMPLING NATURAL WATER AND POLLUTING LIQUIDS, Stevenage, 1960, Great Britain.
3. Department of Scientific and Industrial Research, SYNTHETIC DETERGENTS, Dec. 1961, Great Britain.
4. Eden and Truesdale, SYNTHETIC DETERGENTS AND WATER POLLUTION, Water Pollution Research Laboratory, Stevenage, Herts, 1965, Great Britain.
5. Eden and Truesdale, SYNTHETIC DETERGENTS AND WATER POLLUTION, Surface Activity and the Microbial Cell, 1962, Great Britain.
6. Goltermann and Clymo, CHEMICAL ENVIRONMENT IN THE AQUATIC HABITAT, 1967, Nederlandse Organisatie Uoor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek, Amsterdam, Holland.
7. Ministry of Technology, SYNTHETIC DETERGENTS AND SLUDGE DIGESTION, 1965, V.K.
8. Ministry of Technology, NON-IONIC DETERGENTS, 1966, Great Britain.
9. Petlet and Tomlinson, THE TREATMENT OF STRONG ORGANIC WASTES BY ANAEROBIC DIGESTION, WPRS, 1959, Great Britain.
10. Swanwick, Barkerville and Lussignen, SYNTHETIC DETERGENTS AND THE REWATRABILITY OF CRUDE SEWAGE SLUDGE, Water and Waste Journal, May 1963, U.K.
11. Southgate, SYNTHETIC DETERGENTS A NEW POLLUTION PROBLEM, The Royal Society of Arts, London 1957, U.K.
12. Synthetic Detergents II: NON-IONIC DETERGENTS, Sept. 1966, WPRS, 1968, U.K.
13. Truesdale, FOAMING OF LIQUIDS CONTAINING SYNTHETIC DETERGENTS, WPRL., 1965, U.K.

14. Truesdale, Jones and Van dyke, REMOVAL OF SYNTHETIC DETERGENTS IN SEWAGE TREATMENT PROCESSES: TRIALS OF A NEW BIOLOGICALLY ATTACKABLE MATERIAL, The Water and Waste Water Treatment Journal, Dec. 1959, Great Britain.
15. The Institute of Sewage Purification Annual Conference 1960, BEHAVIOUR OF A NEW SYNTHETIC DETERGENT IN SEWAGE TREATMENT PROCESSES, Cramwell — Place, London S.W.7, Great Britain.
16. Van Beuzekam J.C. SEWAGE COLLECTION, Delft University of Technology, 1972, Delft, Holland.
17. Villafuerte A.R., DESECHOS INDUSTRIALES Y SU TRATAMIENTO, Conferencia para la Asociación de Ingenieros Químicos y Químicos Industriales de El — Salvador, Junio de 1973, San Salvador.
18. WATER TREATMENT NOTES, European Course in Sanitary Engineering, Delft Univ. of Technology, Holland.