

**TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS POR MEDIO DE OXIDACIÓN CON PERÓXIDO  
DE HIDRÓGENO Y OZONO.**

**JAIME ALBERTO BLANDÓN.**

**LUIS FERNANDO MARÍN.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA  
MARZO DE 2004**

**TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS POR MEDIO DE OXIDACIÓN CON PERÓXIDO  
DE HIDRÓGENO Y OZONO.**

**JAIME ALBERTO BLANDÓN. Código 395506**  
**Línea de Profundización en Ingeniería Ambiental.**

**LUIS FERNANDO MARÍN. Código 393020**  
**Línea de Profundización en Ingeniería ambiental.**

**Modalidad**

***PARTICIPACIÓN EN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN***

Dentro del programa de investigación del grupo de Ingeniería Ambiental  
Para el tratamiento de lixiviado del relleno sanitario “La Esmeralda” de Manizales

**Director: Jorge Eliécer Marín A.**  
**Ingeniero Químico MSc.**  
**Especialista en Ingeniería Sanitaria.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**MARZO DE 2004**

## CONTENIDO

	pág.
LISTA DE TABLAS .....	5
LISTA DE GRÁFICAS .....	6
ABSTRACT.....	8
RESUMEN .....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	10
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
2. MARCO TEORICO.....	13
2.1. OZONIZACIÓN .....	14
2.2. APLICACIÓN DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO .....	19
2.3. OZONO / H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	22
3. METODOLOGÍA .....	26
3.1. RECOLECCIÓN DE LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO .....	26
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS .....	27
3.2.1 MATERIALES .....	27
3.2.2. EQUIPOS .....	27
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	29
3.3.1. Variables Independientes .....	29
3.3.2. Variables Dependientes .....	30
3.4. DISEÑO PARA LAS PRUEBAS DE OXIDACIÓN .....	30
3.5. PROCEDIMIENTOS .....	32
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	35
4.1. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE COLOR .....	35
4.2. GRÁFICAS PARA EL % DE REMOCIÓN DE COLOR .....	35
4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	45

4.4. REMOCIÓN DE OLOR.....	51
4.5. EFECTO DE LA OXIDACIÓN PREVIA SOBRE LA REMOCIÓN DE COLOR Y TURBIEDAD POR COAGULACIÓN FLOCULACIÓN DE LOS LIXIVIADOS ..	52
4.6. ESTUDIO PRELIMINAR DE COSTOS .....	54
CONCLUSIONES .....	55
SUGERENCIAS.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXO A.....	62
ANEXO B.....	95
ANEXO C.....	113

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Análisis descriptivo de los datos (programa S.P.S.S.) % Remoción de Color en función de los Ensayos de Laboratorio	45
<b>Tabla 2.</b> Análisis descriptivo de los datos (programa S.P.S.S.) % Remoción de Color en función del Tipo de Lixiviados	47
<b>Tabla 3.</b> Análisis descriptivo de los datos (programa S.P.S.S.) % Remoción de Color en función de la Concentración de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	48
<b>Tabla 4.</b> Análisis descriptivo de los datos (programa S.P.S.S.) % Remoción de Color en función de la Concentración de O <sub>3</sub>	49
<b>Tabla 5.</b> Análisis descriptivo de los datos (programa S.P.S.S.) % Remoción de Color en función del Tiempo	50
<b>Tabla 6.</b> Color y turbiedad del lixiviado crudo sin tratar	53
<b>Tabla 7.</b> Color y turbiedad del lixiviado después de coagulación – floculación	53

## LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
<b>Gráfica 1.</b> Mecanismos de la cadena cíclica para la descomposición del ozono en agua pura iniciada por el ión de hidroxilo	17
<b>Gráfica 2.</b> Diagrama del proceso en el laboratorio	28
<b>Gráfica 3.</b> % Remoción de Color en función del Tiempo. Oxidación con 500 mg/l de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	36
<b>Gráfica 4.</b> % de Remoción de color en función del Tiempo. Oxidación con 950 mg/l de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	36
<b>Gráfica 5.</b> % Remoción de Color en función del Tiempo. Oxidación con 1750 mg/l de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	37
<b>Gráfica 6.</b> % Remoción de Color en función del Tiempo. Oxidación con 9,3 mg/l de O <sub>3</sub>	37
<b>Gráfica 7.</b> % Remoción de Color en función del Tiempo. Oxidación con 9,3 mg/l de O <sub>3</sub> y 500 mg/l de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	39
<b>Gráfica 8.</b> % de Remoción de color en función del Tiempo. Oxidación con 9,3 mg/l de O <sub>3</sub> y 950 mg/l de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	39
<b>Gráfica 9.</b> % Remoción de Color en función del Tiempo. Oxidación con 9,3 mg/l de O <sub>3</sub> y 1750 mg/l de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	40
<b>Gráfica 10.</b> % Remoción de Color en función del Tiempo. Oxidación con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	41
<b>Gráfica 11.</b> % de Remoción de color en función del Tiempo. Oxidación en combinación con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y 9,3 mg/l Ozono	41
<b>Gráfica 12.</b> % Remoción de Color en función del Tiempo. Oxidación con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	42
<b>Gráfica 13.</b> % de Remoción de color en función del Tiempo. Oxidación en combinación con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y 9,3 mg/l Ozono	42
<b>Gráfica 14.</b> % Remoción de Color en función del Tiempo. Oxidación con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	43

<b>Gráfica 15.</b> % de Remoción de color en función del Tiempo. Oxidación en combinación con $H_2O_2$ y 9,3 mg/l Ozono	43
<b>Gráfica 16.</b> % Remoción de Color en función de los Ensayos de Laboratorio	45
<b>Gráfica 17.</b> % Remoción de Color en función del Tipo de Lixiviados	47
<b>Gráfica 18.</b> % Remoción de Color en función de la Concentración de $H_2O_2$	48
<b>Gráfica 19.</b> % Remoción de Color en función de la Concentración de $O_3$	49
<b>Gráfica 20.</b> % Remoción de Color en función del Tiempo	50

## ABSTRACT

The removal of color and odour from leachate originating in “El relleno sanitario la Esmeralda” through chemical oxidation was studied in this paper. It focused on the treatment of different kinds of leached: crude, biologically treated by the Up flow Anaerobic Filter (FAFA) and treated by coagulation and flocculation. The oxidant agents used were ozone ( $O_3$ ), hydrogen peroxide and a  $O_3/H_2O_2$  combination.

The results showed that the leached biologically treated had the biggest percentage of color removal, followed by the leached treated by coagulation and flocculation.

The leached effluent from the FAFA was oxidized in the presence of a reactive which had 9.3 mg/l  $O_3$  and 1750 mg/l  $H_2O_2$ , reaching 25% of color removal. This was the best result.



## RESUMEN

En el presente trabajo se estudió la remoción, mediante oxidación química, de color y olor de los lixiviados del relleno sanitario La Esmeralda. El estudio se enfocó en la remoción de color y olor de lixiviados crudos, lixiviados previamente tratados biológicamente por el filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y lixiviados previamente tratados por coagulación – floculación. Los agentes oxidantes utilizados fueron Ozono ( $O_3$ ) y Peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y mezclas de  $O_3/H_2O_2$ .

Los resultados obtenidos demostraron que los lixiviados tratados previamente por el tratamiento biológico (FAFA) fueron los que presentaron el mayor porcentaje de remoción de color, seguido de los lixiviados que fueron tratados previamente por coagulación – floculación.

Con una dosis combinada de 9,3 mg/l de Ozono y 1750 mg/l de Peróxido de Hidrógeno se oxidó lixiviado efluente del FAFA y se logró una remoción de color de 25 %, siendo este porcentaje el más significativo de las pruebas.

La baja remoción se cree que se debió a la pequeña escala del ozonizador utilizado.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en todo el mundo existe una tendencia clara de adoptar al relleno sanitario como el mejor método de disposición de los residuos sólidos municipales, ya que aquí se supone que se han tomado las medidas de seguridad adecuadas para evitar todo efecto nocivo o molesto que cause deterioro al medio donde se ubica, es decir, que no cree peligros o molestias en la seguridad y en la salud pública.

Uno de los mayores problemas de los rellenos sanitarios es el manejo de los lixiviados, debido a que cada uno de los lixiviados que se producen en los diversos lugares de confinamiento tiene distintos tipos de contaminantes. Esta mezcla compleja resultante contiene materiales orgánicos e inorgánicos en forma soluble, o suspendida, además de microorganismos patógenos, que pueden producir contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, así como otros problemas de contaminación más clásica, de olores, daños a la vegetación y a la fauna y finalmente a la población.

A pesar de que los modelos de predicción de la composición del lixiviado son escasos, y de que existe cierta incertidumbre que hace que la extrapolación de los datos sea difícil, los estudios realizados muestran que el contenido de esta corriente puede dar origen a la generación de lixiviados contaminantes durante muchísimos años (20 – 40 años) llegando a ser centenares de años dependiendo del tipo de sólidos depositados.

En Colombia el uso de relleno sanitario ha sido impulsado en la últimas décadas como la mejor y más viable alternativa tanto para pequeños, medianos y grandes municipios. En municipios menores se desarrollan programas de rellenos

sanitarios manuales mientras que en municipios mayores se utilizan sistemas mecanizados. La experiencia colombiana en cuanto a la utilización de rellenos sanitarios como alternativa de disposición de residuos puede considerarse exitosa; sin embargo, los resultados obtenidos respecto al tratamiento de lixiviados no han sido satisfactorios. Empresas prestadoras de servicio de aseo de ciudades capitales han gastado una gran cantidad de recursos con resultados no acordes con las inversiones hechas; así mismo, los programas de rellenos sanitarios manuales adolecen de una alternativa para el tratamiento de lixiviados, que sea acorde con las características económicas de pequeños municipios. La dificultad para el tratamiento de lixiviados y causa de los pocos éxitos obtenidos, está en la gran cantidad de constituyentes presentes así como su variabilidad en el tiempo. Esto implica que se requieren varias etapas de tratamiento y flexibilidad, aspectos que elevan los costos cuando se utilizan tecnologías convencionales.

Por todo lo anterior surge la idea de utilizar nuevos tratamientos de los lixiviados como lo son las oxidaciones avanzadas. El presente trabajo se basa en la oxidación con oxidantes fuertes como lo son el ozono y el peróxido de hidrógeno.

Se plantearon los siguientes objetivos a desarrollar:

#### OBJETIVO GENERAL

Estudiar el efecto de la oxidación del lixiviado de un relleno sanitario sobre el color y el olor del mismo.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el efecto de la oxidación con ozono, peróxido de hidrógeno y la mezcla de ambos en diferente proporción sobre la remoción del olor y color de los lixiviados: crudos, tratados por coagulación – floculación y tratados biológicamente.

- Determinar las condiciones de la oxidación que producen la mejor remoción de color, teniendo en cuenta aspectos económicos.
- Determinar por coagulación floculación de los lixiviados el efecto de la oxidación previa sobre la remoción de color y turbiedad.
- Realizar un estudio preliminar de costos.

Para el desarrollo del trabajo se llevaron a cabo ensayos en los que se utilizaron diferentes tipos de lixiviados (crudos y tratados) que fueron oxidados con ozono y diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno, que luego fueron analizados para determinar el mejor porcentaje de remoción de color y olor de los lixiviados.

## 2. MARCO TEORICO

La naturaleza procesa la contaminación mediante procesos cíclicos (biogeoquímicos), pero actualmente le resultan insuficientes para procesar tanto la contaminación que es generada por las actividades del hombre como la propia.

Los contaminantes biodegradables pueden ser degradados mediante procesos naturales o en sistemas de tratamientos construidos por el hombre, en los que acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica con microorganismos.

Se llama tratamiento primario al proceso que se usa para eliminar los sólidos de las aguas contaminadas; secundario, al que se usa para reducir la cantidad de materia orgánica por la acción de bacterias (disminuir la demanda bioquímica de oxígeno) y terciario, al proceso que se usa para eliminar los productos químicos como fosfatos, nitratos, plaguicidas, sales, materia orgánica persistente, entre otros.

Entre las operaciones que se utilizan en los tratamientos primarios de aguas contaminadas están: la filtración, la sedimentación, la flotación, la separación de aceites y la neutralización.

El tratamiento secundario más común es el de lodos activados. Las aguas residuales que provienen del tratamiento primario pasan a un tanque de aireación en donde se hace burbujear aire o en algunos casos oxígeno, desde el fondo del tanque para favorecer el rápido crecimiento de las bacterias y otros microorganismos. Las bacteria utilizan el oxígeno para descomponer los desechos orgánicos. Los sólidos en suspensión y las bacterias forman una especie de lodo

conocido como lodo activado, el cual se deja sedimentar y luego es llevado a un tanque digestor aeróbico para que sea degradado. Finalmente el lodo activado estabilizado, es utilizado como acondicionador de suelos, incinerado o llevado a un relleno sanitario.

Entre las operaciones que se utilizan en el tratamiento terciario de aguas contaminadas están: la microfiltración, la adsorción por carbón activado, el intercambio iónico, la ósmosis inversa, la electrodiálisis, la remoción de nutrientes, la cloración y la *ozonización*.

A cualquier tratamiento de las aguas residuales que se realiza después de la etapa secundaria se le llama tratamiento terciario y en este se busca eliminar los contaminantes orgánicos, los nutrientes como los iones fosfato, amonio y nitrato o cualquier exceso de sales minerales. Dentro del tratamiento de las aguas de desecho para eliminarles los nutrientes están la precipitación, la sedimentación y la filtración. Actualmente se aplican muy pocos tratamientos terciarios en Colombia.[19]

## **2.1. OZONIZACIÓN**

### *Características del ozono*

La primera detección de ozono tuvo lugar en 1785, cuando Van Marum, de los Países Bajos, notó un olor característico mientras trabajaba con su máquina para generar chispas eléctricas. En 1801, Cruickshank detectó el mismo olor en el gas generado en el ánodo durante la electrólisis del agua. En 1840, Schonbein postuló que, el olor se debía a una nueva sustancia a la que él llamó ozono, a partir de la palabra griega ozein que significa "oler". El olor característico del ozono en el aire es detectado por el olfato a concentraciones tan bajas como 0,01 ppm.

El ozono es un gas alotrópico del oxígeno, que combina tres átomos de este elemento, y se representa por el símbolo  $O_3$ . Su densidad es 1,5 veces la del oxígeno, y es 1.7 veces más pesado que el aire. La solubilidad del ozono en el agua es de 14 a 20 veces la del oxígeno. Como oxidante, ocupa el segundo lugar en potencial de oxidación entre los productos químicos de fácil disponibilidad, siguiendo únicamente al flúor. A la temperatura y presión ambiente es un gas inestable que se descompone rápidamente para volver a la molécula de oxígeno,  $O_2$ , de la cual se forma. Debido a esta característica, no se puede almacenar o envasar, sino que debe generarse en el lugar y usarse inmediatamente.

En 1886 el francés de Meritens demostró por primera vez las propiedades germicidas del ozono. Este gas se ha empleado para muchos fines en los abastecimientos de agua desde sus primeras aplicaciones como desinfectante en Francia, Holanda y Alemania a comienzos del siglo XX. Por lo general suele utilizarse simultáneamente como oxidante y como desinfectante. Hoy en día existen más de 1.100 plantas de tratamiento de agua en todo el mundo que utiliza el ozono; sin embargo, su aplicación en América Latina ha sido muy limitada hasta el momento. [17]

El ozono (Oxígeno naciente) es el agente más oxidante (después del fluor) del que dispone el hombre. Es además un decolorante muy efectivo y un potente destructor de gérmenes. Mata bacterias y hongos con mayor rapidez que el cloro.

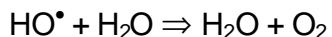
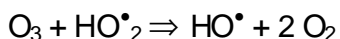
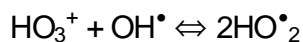
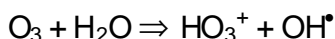
Debido a la gran capacidad destructora (oxidante) del  $O_3$  y por la rapidez en que se disgrega su tercer átomo volviéndose oxígeno ( $O_2$ ) es empleado con seguridad, con óptimos resultados y puede ser más confiables que los obtenidos con otros productos químicos.

### Química del ozono en el agua

Se ha empleado con éxito en la decoloración de caolín y de pulpa de celulosa y, en general, como tratamiento de efluentes acuosos extremadamente contaminados. El ozono se transforma sólo en O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, y el método no es tan tóxico como otros tratamientos convencionales que usan Cl<sub>2</sub> o ácido crómico.

Como los compuestos orgánicos tratados con este reactivo producen aldehídos, cetonas o ácidos carboxílicos, la ozonización es un buen pretratamiento para procesos biológicos, y versátil para técnicas combinadas. No produce trihalometanos (THM) u otros compuestos clorados. El ozono puede producirse fácilmente *in situ* por descarga eléctrica en corriente de aire, y no deja olores ni gustos residuales. [14]

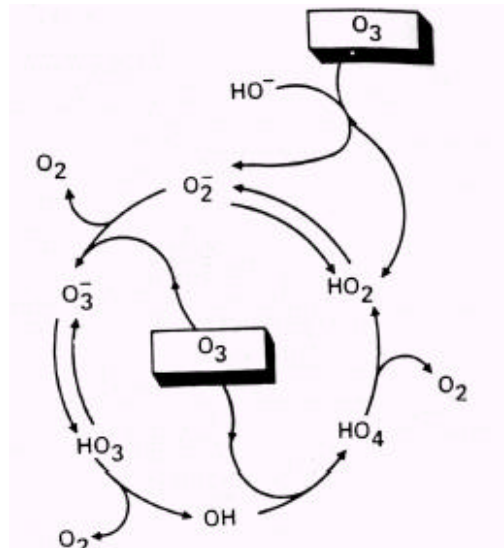
El ozono es un oxidante tan fuerte que es inestable incluso en el agua destilada, descomponiéndose en oxígeno a una tasa que es proporcional al pH del agua. Su vida media puede ser de tan solo 1/2 hora, pero en condiciones favorables se han detectado residuales después de un tiempo de residencia de hasta 12 horas. En el agua destilada (pH 7) se cree que el ozono se descompone conforme a las siguientes ecuaciones:



Esto puede considerarse como una cadena de reacción en las que el ión de hidroxilo (OH<sup>•</sup>) inicia el primer paso que se repetirá muchas veces. La Gráfica 1 ilustra el mecanismo de la cadena cíclica de la descomposición del ozono en agua pura [3]. El resultado es una vida media muy breve del ozono en agua con un pH 7



o mayor; sin embargo, en presencia de muchas de las sustancias que suelen encontrarse en el agua, como bicarbonatos, carbonatos y muchas otras sustancias orgánicas, el ciclo puede romperse cuando estas atrapan el radical de hidroxilo.



**Gráfica 1.** Mecanismos de la cadena cíclica para la descomposición del ozono en agua pura iniciada por el ión de hidroxilo.

Este radical puede ser generado por medios fotoquímicos (incluida la luz solar) o por otras formas de energía, y posee alta efectividad para la oxidación de materia orgánica.

Cuando hay presentes materiales orgánicos, la química se hace mucho más compleja y se acelera la descomposición del ozono. Con un potencial de oxidación de 2.07 voltios, el ozono teóricamente puede oxidar la mayoría de los compuestos orgánicos convirtiéndolos en dióxido de carbono y agua; pero como es selectivo en cuanto a las sustancias que oxida rápidamente la cinética de las reacciones del ozono con muchos compuestos será demasiado lenta para que resulte en la conversión de éstos a dióxido de carbono durante el tratamiento de agua. Como casi siempre la demanda total de ozono excede su suministro, estas reacciones cesarán mucho antes de que todas las sustancias orgánicas se hayan oxidado

totalmente. En el tratamiento de sustancias orgánicas, el ozono se ha usado principalmente para la ruptura de enlaces múltiples como tratamiento preliminar, antes de la filtración y como ayuda para la coagulación.

Recientemente se ha encontrado que cuando se combina el ozono con peróxido de hidrógeno y/o luz ultravioleta, es posible oxidar muchas sustancias orgánicas e inorgánicas más eficazmente que con ozono solo. Se cree que el éxito de estos procesos se debe a la mediación del radical hidroxilo [14]. Estos procesos, junto con otros que generan el radical hidroxilo (como ozono a altos valores de pH y peróxido de hidrógeno con iniciadores radicales de hidroxilo metálico), suelen llamarse "procesos de oxidación avanzados". La química de estos procesos es bastante compleja.

La capacidad del ozono para reaccionar con sustancias orgánicas puede aprovecharse para eliminar los compuestos convertidos que se han hecho biodegradables mediante una filtración subsiguiente a la ozonización.

Desde el punto de vista económico, el uso más favorable del ozono parece ser cuando, además de la desinfección, se emplea simultáneamente para otros fines en el tratamiento de agua, como descomponer sustancias orgánicas sintéticas, eliminar fenoles, evitar la formación de trihalometanos, mejorar la floculación y para otras funciones similares. Tal como se indicó con anterioridad, el ozono es un oxidante tan fuerte que casi siempre se utiliza con propósitos múltiples en el tratamiento de agua.

La ozonización puede eliminar el color causado por el hierro, manganeso o la materia carbonosa y los sabores y olores debido a la presencia de materia orgánica.

### *Características del Tratamiento por Ozono [9]*

1. Mejora las características organolépticas del agua.
2. Color y olor no deseables, atenuados o eliminados.
3. Destrucción total y rápida (3.000 veces más rápido que el cloro) de bacterias, virus y esporas, con cortos tiempos de contacto.
4. Destrucción de las sales de hierro y magnesio en forma de hidratos, resultando productos fácilmente eliminables por decantación o filtración.
5. No crea ningún tipo de enlace químico ni compuestos halogenados.
6. Totalmente insípido.
7. Acción oxidante inmediata frente a las impurezas orgánicas.
8. Elimina los trihalometanos y sus precursores.
9. Mejora la coagulación - floculación del agua.
10. Destruye los sulfatos.
11. Oxida fenoles, pesticidas, etc.
12. Destrucción de *Pseudomonas aeruginosa* ambientales.

En Estados Unidos ha sido aplicado para líquidos cloacales por cuanto no deja efecto residual y por consiguiente no interfiere con el ecosistema de los ríos y embalses, donde dichos líquidos cloacales son descargados.

## **2.2. APLICACIÓN DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO**

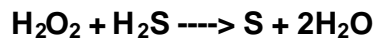
Recientes estudios dan una guía de como controlar los olores producidos por el  $H_2S$  con el peróxido de hidrógeno. [5]

Por mas de 50 años el procedimiento habitual en las plantas de tratamiento para controlar los olores del  $H_2S$  ha sido pre-clorar las aguas que entran a las cloacas; recientemente se han revisado estos sistemas y se han encontrado diferentes mejoras; la aplicación del peróxido de hidrógeno ha sido una alternativa.

Sus resultados han mostrado, que puede reemplazar el cloro sin aumentar el costo y con notables beneficios en los efluentes.

1. *Eficiencia de la reacción del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> con H<sub>2</sub>S.*

En las aguas municipales la reacción del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> con sulfuro es la siguiente:



La eficiencia obtenida depende de muchos factores, el más importante es el tiempo disponible de reacción y la duración del control.

El rango óptimo de tiempo disponible de reacción es típicamente entre 5 - 20 minutos y 1 - 2 horas. Operar fuera de este rango es probablemente la razón por la cual en mucha literatura se reportan de 4 - 8 veces el requerimiento teórico. Así que si se opera dentro de este rango se espera obtener valores cercanos a los teóricos.

**Casos estudiados**

Los distritos de higienización del condado de Orange, California

Los distritos operan dos plantas de tratamiento secundario (80 y 175 mgd) que han usado aproximadamente 280 toneladas por año de cloro para controlar los niveles de sulfuro en el del afluente. En 1993, los distritos se embarcaron en un programa que consistía en reemplazar todos los usos de cloro dentro de sus funcionamientos. Siguiendo un estudio que miraba H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y " FeCl<sub>3</sub> como los reemplazos potenciales, los distritos escogieron H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por razones de costo, la facilidad de manejo y la reacción limpia con H<sub>2</sub>S. La información siguiente se derivó del inicio de la dosificación del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en la Planta de Orange.

### *Problemática*

El principal obstáculo para la aplicación del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sabiendo que se necesitan tiempos de contacto de peróxido cerca de los 45 minutos, fue el tiempo disponible de la reacción, ya que este era limitado y variaba de 5 a 17 minutos, con otros 15 minutos en los clarificadores primarios. Los resultados de estudios en beaker indicaron que el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> debe inyectarse en cada una de las cinco líneas, permitiendo mientras tanto alargar el tiempo de la reacción tanto como sea posible. Las bombas se utilizaron con tiempo controlado para emparejar la proporción del sulfuro con la de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de acuerdo al perfil de cada línea principal.

### *Planta No. 2 – Caracterización de afluentes.*

<b>Línea Principal</b>	<b>Flujo (mgd)</b>	<b>Tiempo disponible de reacción</b>	<b>Sulfuro total típico (mg/l)</b>
Bushard	14	5 min	1.7
Miller-Holder	16	6 min	4.7
Interplanta	120	8 min	0.8
Distritos 5 & 6	11	9 min	6.0
Costa	6	17 min	5.0

### *Los resultados:*

Después de cinco semanas de ensayo, el estudio concluyó;

El H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> era eficaz para controlar el sulfuro en el afluente de agua residual a un costo igual que al que se tiene con el cloro.[10]

*Resumen de pruebas del campo que comparan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al cloro.*

Locación	Total sulfuro Acuoso (mg/l)		Sulfuro Atmosférico ppm	
	Con cloro	Con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Con cloro	Con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Headworks	0.6	0.5	0.9	0.4
Afluente primario	0.2	0.2	0.7	0.9
Efluente primario	0.2	0.1	----	----

### 2.3. OZONO / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

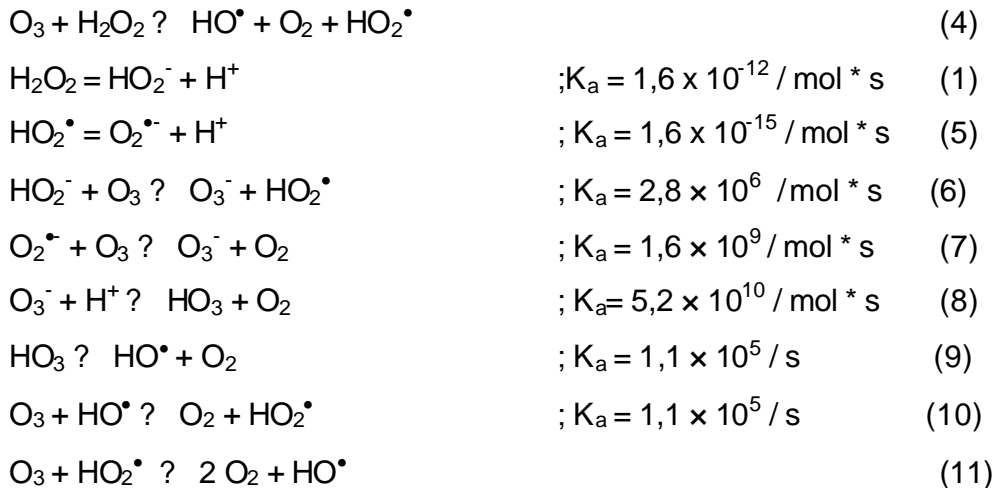
La ozonización transforma los contaminantes en compuestos más simples, más refractarios al reactivo. Se logra una mejoría agregando agua oxigenada [21]. El H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> es un ácido débil, un poderoso oxidante y un compuesto inestable, que se transforma con una velocidad máxima al pH de su pK<sub>a</sub>:



El uso de dos o más oxidantes combinados permite aprovechar los posibles efectos sinérgicos entre ellos, lo que produce una destrucción adicional de la carga orgánica. Sin embargo, como existe una gran dosis de empirismo en el uso de mezclas oxidantes, es difícil prever el rendimiento, que debe determinarse en ensayos de laboratorio. Entre las posibles mezclas de agentes oxidantes, la combinación peróxido de hidrógeno y ozono es sin duda la más usada. El proceso pretende combinar la oxidación directa (y selectiva) del ozono con la reacción rápida y poco selectiva de los radicales HO<sup>•</sup> con los compuestos orgánicos.

El H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> puede iniciar la descomposición de O<sub>3</sub> por transferencia de electrones [3].

El H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y el O<sub>3</sub> reaccionan para producir HO<sup>•</sup>, ecuación (4), a través de un mecanismo en cadena mostrado en las ecuaciones (1) y (5) a (11):



El proceso es caro pero rápido, y puede tratar contaminantes orgánicos presentes en muy bajas concentraciones (ppb), a pH entre 7 y 8; la relación molar óptima O<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> es 2:1. El proceso se acelera a pH alcalino, como se deduce de los pre-equilibrios (1) y (5) [20].

El tratamiento ha resultado efectivo para descomponer compuestos organoclorados como tricloroetileno, tetracloroetileno, etc. Por lo tanto, es excelente para el postratamiento de aguas sometidas a tratamientos de desinfección con cloro o dióxido de cloro. Uno de los principales campos de aplicación es la degradación de plaguicidas presentes en aguas [6]. También se ha usado en la decoloración de compuestos de aguas residuales de la industria papelera y otros procesos industriales.

Bellamy y colaboradores [19] trataron con esta mezcla aguas subterráneas contaminadas con percloroetileno (PCE), tricloroetileno (TCE), trans-1,2-dicloroetileno (DCE) y tetracloruro de carbono (CTC). La mejor relación molar  $H_2O_2 / O_3$  fue de 0,5, y la velocidad de remoción (que respondía a una cinética de 1er. orden) siguió el orden  $PCE < TCE < DCE$ . Karimi y otros (1997) [1] lograron reducir niveles iniciales de hasta 447  $\mu g/l$  de TCE y 163  $\mu g/l$  de PCE en una planta de tratamiento de agua en Los Ángeles (EEUU), alcanzando niveles inferiores al límite impuesto por la legislación local (5  $\mu g/l$ ).

Ormad y otros [13] usaron la mezcla  $H_2O_2 / O_3$  para tratar aguas residuales de la producción de los plaguicidas dificol y tetradifon, que contenían además clorobencenos, DDT y otros compuestos organoclorados. La oxidación se realizó usando la relación molar  $H_2O_2 / O_3$  0,5, pH 9,4 y hasta 1,5 g de  $O_3/g$  TOC inicial.

Con elevadas dosis de ozono, se logró la remoción de varios compuestos presentes en la muestra original; sin embargo, no pudo eliminarse totalmente la carga orgánica original, y se detectó la formación de numerosos subproductos hidroxilados residuales.

Las capacidades del ozono pueden ser clasificadas según la etapa del proceso en la cual es aplicado, clasificando la acción oxidante en :

Procesos de Pre-ozonización: aquellos en los cuales se dosifica en etapas previas a la floculación-coagulación, teniendo como objetivos principales, la optimización de estos procesos, la remoción de hierro, manganeso y el control de algas en el agua.

Procesos de ozonización intermedia en los cuales la dosificación se produce en etapas posteriores a etapas de coagulación y previo al filtrado. Esta etapa está dirigida a la optimización de características organolépticas, olor, sabor, color,



precipitación de hierro y manganeso y al aumento de la biodegradabilidad de materias orgánicas.

Procesos de post-ozonización: Se producen en la etapa final de tratamiento, posterior a la filtración y previo a distribución, los objetivos son la desinfección y el control final de algas. [8]

En la mayoría de las plantas de tratamiento de lixiviados en rellenos sanitarios de Baviera (Alemania) actualmente en funcionamiento suelen utilizarse una combinación de diferentes etapas del proceso para la depuración del lixiviado, tales como tratamiento biológico, UF / oxidación por ozono y precipitación / floculación. [16]

### **3. METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del trabajo se llevaron a cabo ensayos de laboratorio de oxidaciones con peróxido de hidrógeno y ozono para lixiviados crudos, lixiviados previamente tratados por coagulación – floculación y lixiviados previamente tratados biológicamente por medio del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), además de la determinación del efecto de la oxidación previa sobre la remoción de color y turbiedad por coagulación floculación de los lixiviados.

#### **3.1. RECOLECCIÓN DE LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO**

El relleno sanitario La Esmeralda ubicado en el kilómetro 2 vía Manizales – Neira fue el lugar donde se hizo la recolección de los lixiviados para el trabajo de la oxidación; en este relleno se generan lixiviados de diferentes edades. El tratamiento que en el momento se le hace al lixiviado es el de coagulación – floculación – sedimentación aunque se hacen investigaciones para determinar el mejor tratamiento, el trabajo se lleva a cabo en temporada de verano.

Para el trabajo se utilizaron tres tipos de lixiviados: lixiviados crudos, que fueron tomados en el vertedero de entrada a la planta de tratamiento por coagulación – floculación; lixiviados previamente tratados por coagulación – floculación, que fueron tomados a la salida de la planta de tratamiento por coagulación – floculación; y lixiviados previamente tratados biológicamente por el filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA). Estos lixiviados fueron llevados a las instalaciones de la Universidad Nacional Sede Manizales para su posterior tratamiento por oxidación.

## 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

### 3.2.1 MATERIALES

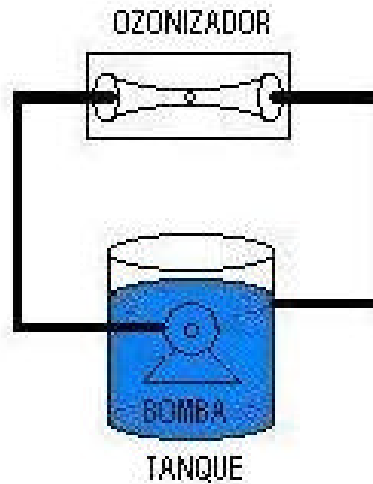
- *Sulfato de Aluminio* ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ): Para el trabajo en el laboratorio se trabajó con sulfato de aluminio tipo B que tiene una densidad de 1,328 g / ml; el cual fue suministrado por el relleno sanitario y es el mismo que utilizan para la coagulación y floculación del lixiviado en la planta.
- *Ozono* ( $\text{O}_3$ ): El ozono utilizado fue generado en un ozonizador doméstico.
- *Peróxido de Hidrógeno* ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ): El peróxido de hidrógeno utilizado tiene una pureza de 30% en volumen. Su densidad es de 1,118 g / ml.
- *Agua Destilada*: El agua fue utilizada para la realización de las disoluciones y fue suministrada del laboratorio de la Universidad Nacional.
- *Agua problema*: 10 Litros de lixiviado.

### 3.2.2. EQUIPOS

- *Ozonizador Doméstico*: El ozonizador empleado es marca “Ozono King”. Según las especificaciones del fabricante el ozonizador doméstico utilizado esta en capacidad de producir 70 mg/h. El consumo energético es de 22 W y tiene una capacidad de tratamiento de 150 l / h.

Para la oxidación se utilizó un tanque de almacenamiento, al cual se le introdujeron en cada prueba 10 l de lixiviados, los cuales fueron recirculados permanente con ayuda de la bomba sumergible durante 80 minutos que duró cada prueba de laboratorio, el anterior criterio de tiempo es según la vida media del ozono y el peróxido de hidrógeno.

El proceso de oxidación, se llevo a cabo según el siguiente esquema:



**Gráfica 2.** Diagrama del proceso en el laboratorio

La entrega de ozono viene dada por el siguiente cálculo:

$$70 \frac{mg}{h} \times \frac{1h}{60 \text{ min}} \times \frac{80 \text{ min}}{10L} = 9,3 \frac{mg}{L}$$

- *Bomba:* La bomba utilizada es sumergible de 22 W de marca “Evans”. El caudal utilizado en el laboratorio fue de 112 l / h.
- *Espectrofotómetro:* El espectrofotómetro utilizado es un “*Termo Spectronic marca Génesis 20 m7odelo 4001/4*”; la absorbancia utilizada al introducir la celda con la muestra de las pruebas del trabajo fue de 364 nm, la cual, con la ayuda de la curva patrón, se obtienen las unidades de color en unidades Pt-Co .

### **3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para la realización del diseño experimental se utilizó un diseño factorial en el cual se hacen todas las combinaciones de factores de todos los niveles. En el diseño se tienen en cuenta todas las variables involucradas en el experimento; se considera que hay interacción entre todas las variables y se tiene en cuenta que todas las variables tienen igual importancia. Con este diseño experimental se pueden encontrar conclusiones acertadas de todos los factores que intervienen en toda la extensión del experimento.

#### **3.3.1. Variables Independientes**

Estas variables son las que se modificaron en el laboratorio:

- Tipo de Oxidante: Ozono  
Peróxido de Hidrógeno
  
- Dosis nominal de Ozono: 9,3 mg/l
  
- Dosis de Peróxido de Hidrógeno: 500 mg/l  
950 mg/l  
1750 mg/l

El peróxido de hidrógeno que fue utilizado tenía una concentración del 30% en volumen (las anteriores concentraciones son para peróxido de hidrógeno puro). Se determinaron las anteriores dosis, ya que son valores representativos y tienen un buen rango entre una y otra concentración para así determinar si existe algún cambio en las variables que fueron medidas.

- Tiempo: Se tomaron datos de color cada 20 minutos durante 80 minutos y de olor sólo al minuto 80, ya que el peróxido de hidrógeno al reaccionar con los lixiviados genera calentamiento y vapores de naturaleza desconocida.

### **3.3.2. Variables Dependientes**

Estas variables son las que se tomarán antes y después de hacer la oxidación:

- Color
- Olor (Cualitativo)

### **3.4. DISEÑO PARA LAS PRUEBAS DE OXIDACIÓN**

Este diseño se programó con la ayuda del paquete estadístico STATGRAPHICS versión 4.0, mediante la opción de diseño factorial multinivel, el cual se presenta en forma de tablas en el ANEXO B; éstos ensayos fueron realizados para obtener el diseño experimental.

Es de aclarar que para la ejecución del diseño experimental en el programa estadístico STATGRAPHICS versión 4.0, se propusieron concentraciones de ozono y peróxido de hidrógeno de 0 mg/l y las demás concentraciones antes expuestas (9,3 mg/l de ozono y 500 mg/l, 950 mg/l y 1750 mg/l para peróxido de hidrógeno).

Con la ayuda del programa STATGRAPHICS versión 4.0 el diseño que se presentó fue el siguiente:

Clase de Diseño: Multi factorial Multinivel

Comentario: Oxidación de Lixiviados Crudos + Lixiviados Previamente Tratados Biológicamente + Lixiviados Previamente Tratados por Coagulación – Floculación

Base de Diseño:

Número de Factores Experimentales: 4

Número de Pruebas: 6

Número de Respuestas: 1

Número de Corridas: 576

Aleatoriedad: No

### 3.5. PROCEDIMIENTOS

Luego de ser llevados los lixiviados a las instalaciones de la Universidad Nacional y teniendo en cuenta la prueba a realizar, se desarrollan las diferentes oxidaciones y toma de datos de la siguiente manera:

#### *Oxidación con ozono*

Se carga el tanque de almacenamiento con 10 litros de lixiviados (de diferente tipo según sea la prueba), la bomba sumergible que maneja un caudal de 31 ml / seg toma los lixiviados del tanque enviándolos al ozonizador donde éste oxida los lixiviados con 9,3 mg/l para posteriormente enviarlos de nuevo al tanque de almacenamiento haciéndose una recirculación completa de los lixiviados durante los 80 minutos; para cada prueba los lixiviados pasan por el ozonizador 14,88 veces.

La toma de datos se efectúa cada 20 minutos iniciando con la muestra del lixiviado que no ha sido oxidado (muestra inicial). Las muestras son tomadas con una pipeta volumétrica de 5 ml y con la ayuda de una pera para hacer la succión del lixiviado, este volumen se vierte a un balón aforado de 100 ml donde es aforado con agua destilada, (cada uno de éstos procedimientos es realizado por duplicado para al final obtener 2 balones aforados con 100 ml); de cada uno de los balones se toma una muestra que se deposita en una celda del espectrofotómetro.

El olor se midió cualitativamente de la siguiente forma:

Se tomaron 6 beakers de 100 ml, en los cuales el primero tuvo lixiviado puro, el segundo tuvo 80 % de lixiviado y el 20% fue agua destilada, el tercero 60 % de lixiviado y 40% de agua destilada, el cuarto 40% de lixiviado, el quinto 20 % de lixiviado y 80% de agua destilada y el último tuvo agua destilada pura.



Se comparó el olor del lixiviado oxidado al minuto 80 con las anteriores 6 diluciones de agua destilada y lixiviados, cada número en las tablas del ANEXO A (Remoción de Olor) equivale a que el lixiviado oxidado presentó olor semejante a las siguientes diluciones:

6 : 100 % Lixiviados

5 : 80 % Lixiviado y 20 % Agua destilada

4 : 60 % Lixiviado y 40 % Agua destilada

3 : 40 % Lixiviado y 60 % Agua destilada

2 : 20 % Lixiviado y 20 % Agua destilada

1 : 100 % Agua destilada

*Oxidación con peróxido de hidrógeno:*

Se tomaron 400 ml de lixiviados (de diferente tipo según sea la prueba) por duplicado, y se depositaron en 2 beakers de 600 ml, a cada uno de los beakers con lixiviados se les determinó las unidades de color inicial (anteriormente se describe el procedimiento). Se adicionó la concentración de peróxido de hidrógeno (dependiendo de la prueba, ésta concentración será: 500 mg/l, 950 mg/l ó 1750 mg/l) y cada 20 minutos se determinaron las unidades de color hasta completar 80 minutos. El olor se midió cualitativamente a los 80 minutos como se describe anteriormente.

*Oxidación con combinación de peróxido de hidrógeno y ozono:*

Se carga el tanque de almacenamiento con 10 litros de lixiviados (de diferente tipo según sea la prueba), se adiciona la concentración de peróxido de hidrógeno (dependiendo de la prueba, ésta concentración será: 500 mg/l, 950 mg/l ó 1750 mg/l), la bomba sumergible toma los lixiviados del tanque enviándolos al ozonizador para posteriormente enviarlos de nuevo al tanque de almacenamiento haciéndose una recirculación completa del lixiviado durante los 80 minutos de la prueba. La toma de datos se hace de igual forma como se describe en el

procedimiento de oxidación con ozono, cada 20 minutos de determinan las unidades de color, empezando con el lixiviado que aún no ha sido oxidado; de igual forma el olor se mide cualitativamente antes de haber sido oxidado el lixiviado y al minuto 80.

## **4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE COLOR**

Este trabajo presenta información de la oxidación de diferentes tipos de lixiviados (lixiviados crudos, lixiviados previamente tratados biológicamente por el FAFA y lixiviados previamente tratados por coagulación - floculación), con diferentes concentraciones de oxidante en diferentes tiempos de reacción (éstos tiempos de reacción se tomaron cada veinte minutos hasta completar 80 minutos) para determinar el porcentaje de remoción de color.

### **4.2. GRÁFICAS PARA EL % DE REMOCIÓN DE COLOR**

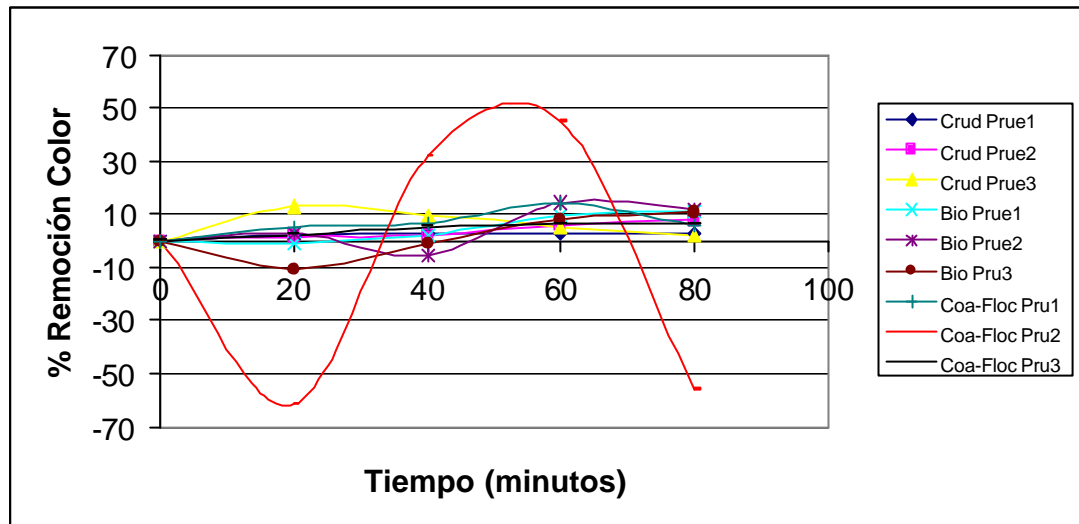
Se hicieron tres pruebas con su réplica para cada ensayo de oxidación en el laboratorio, para la realización de las Gráficas se promedió el porcentaje de remoción de cada prueba con su réplica.

En el ANEXO C se puede encontrar los datos tabulados con que se realizaron las Gráficas.

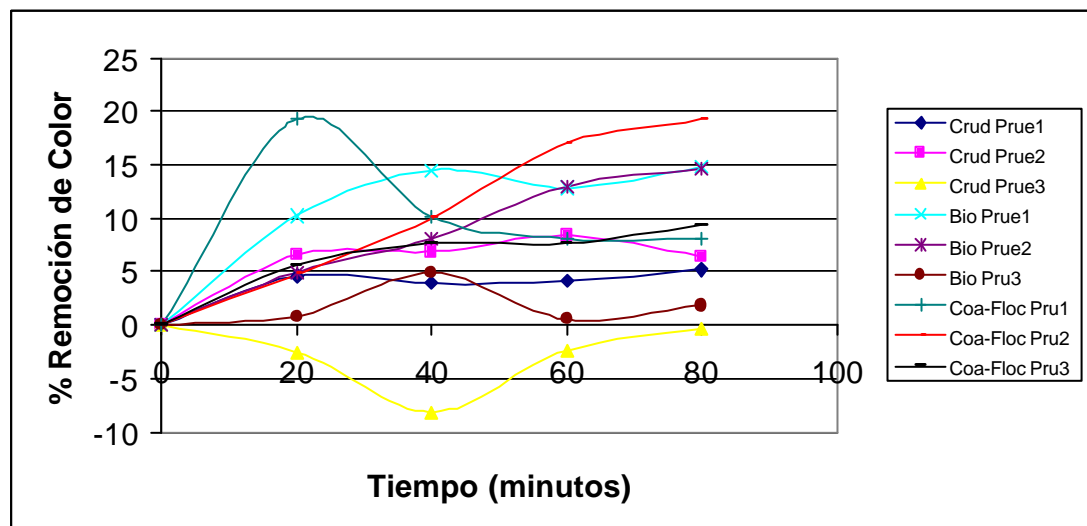
Las convenciones que se presentan en las gráficas 3 a la 15, indican que se graficaron los datos de los diferentes lixiviados tratados con cada una de sus pruebas; la siguiente es la nomenclatura: “crud” significa el lixiviado crudo, “bio” significa el lixiviado previamente tratado biológicamente, “coa-floc” significa el lixiviado que fue previamente fue coagulado –floculado y “prue” con su respectivo número significa cada una de las pruebas de los diferentes lixiviados tratados.

### GRÁFICAS 3 A 4. % de Remoción de color en función del Tiempo

Oxidación de los diferentes tipos de lixiviados (Ver tabla de datos en el Anexo C)



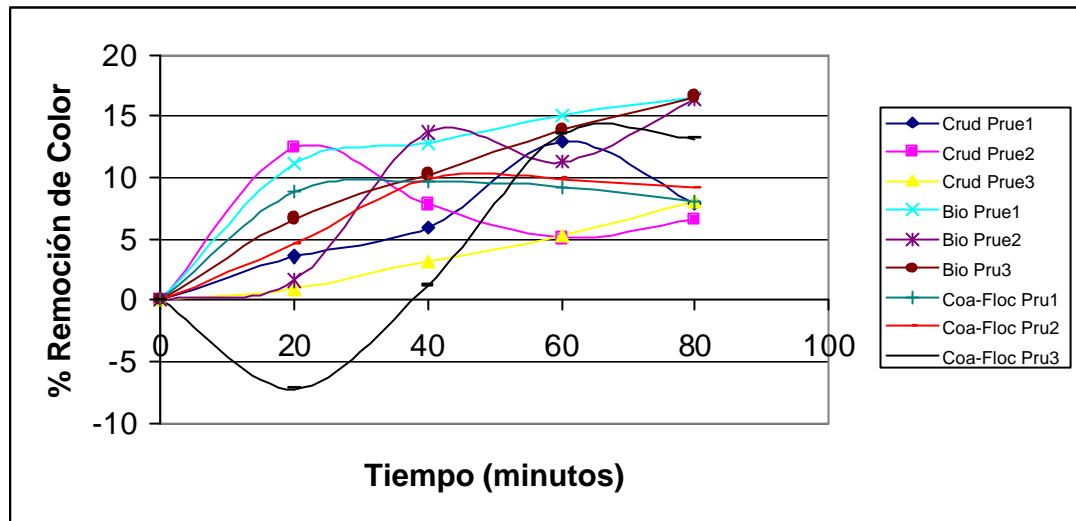
**Gráfica 3.** % Remoción de Color en función del Tiempo Oxidación con 500 mg/l de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



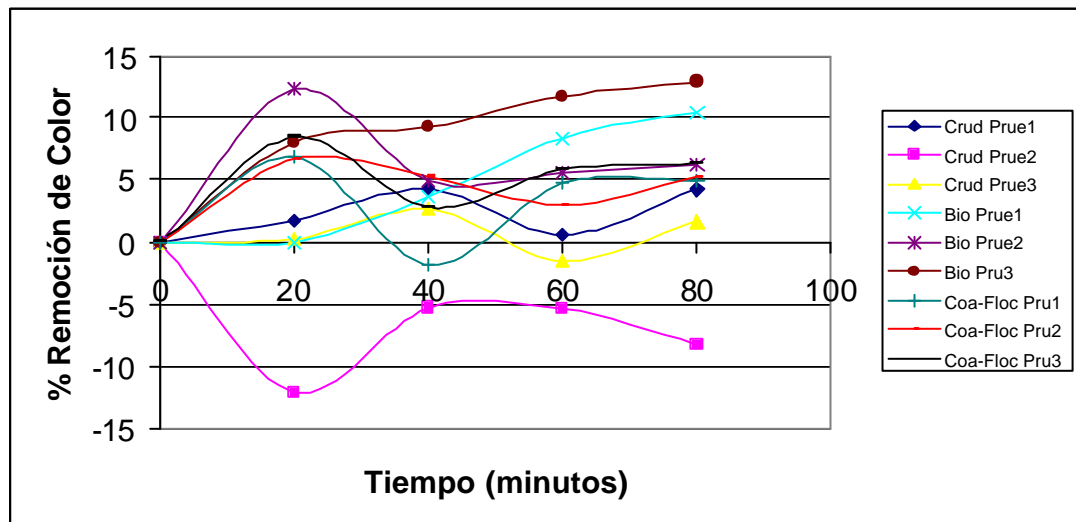
**Gráfica 4.** % de Remoción de color en función del Tiempo Oxidación con 950 mg/l de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

## GRÁFICAS 5 A 6. % de Remoción de color en función del Tiempo

Oxidación de los diferentes tipos de lixiviados (Ver tabla de datos en el Anexo C)



**Gráfica 5.** % Remoción de Color en función del Tiempo Oxidación con 1750 mg/l de  $H_2O_2$



**Gráfica 6.** % Remoción de Color en función del Tiempo Oxidación con 9,3 mg/l de  $O_3$

Para los ensayos hechos en el laboratorio, la oxidación con 500 mg/l de peróxido de hidrógeno solo, presenta un porcentaje de remoción similar para cada tipo de lixiviados empleado en la experimentación con ésta concentración, donde el mayor porcentaje de remoción fue de 14,3%; como se puede determinar en la Gráfica 3.

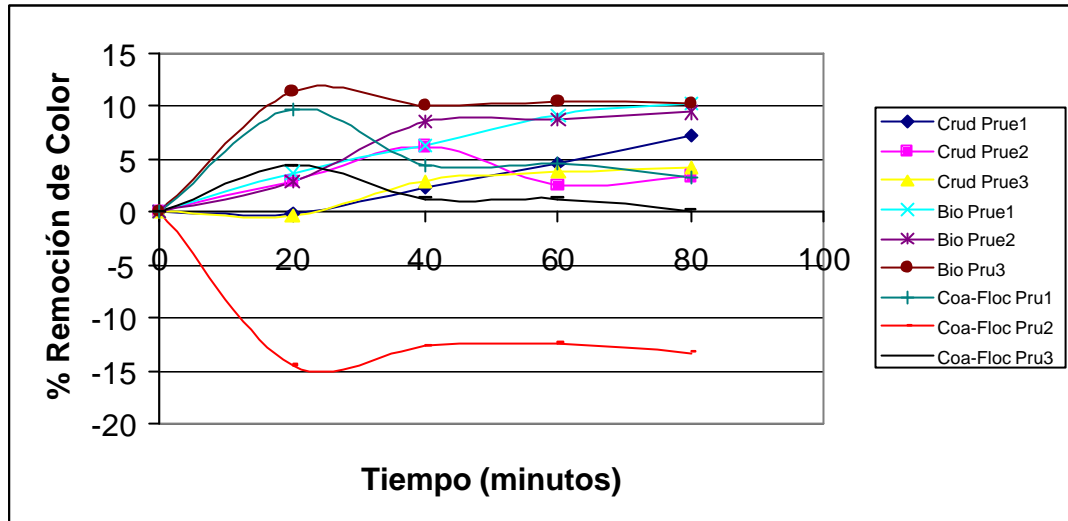
Para la prueba 2 con lixiviados coagulados – floculados se presentó una mala experimentación, debiéndose ser descartado el análisis de éste ensayo.

Para la oxidación con 950 y 1750 mg/l de peróxido de hidrógeno solo, la mejor oxidación se presenta para lixiviados previamente tratados biológicamente (FAFA) y la peor para lixiviados crudos, ésta tendencia también se presenta en la oxidación con ozono que se muestra en la Gráfica 6, además se da un pequeño aumento en el porcentaje de remoción de color para lixiviados oxidados con 1750 mg/l de peróxido de hidrógeno con respecto a las otras concentraciones (Gráficas 4 y 5).

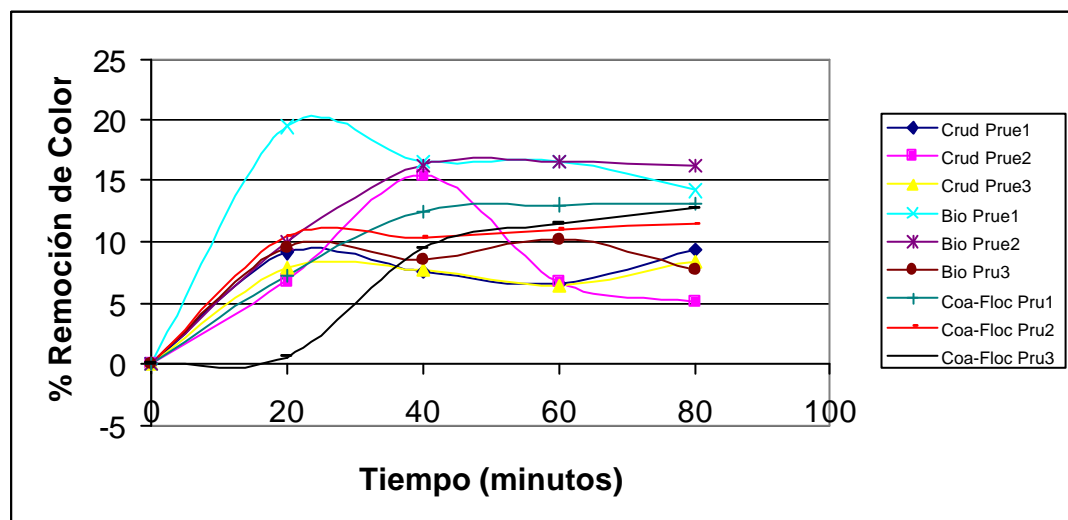
En la oxidación combinada con peróxido de hidrógeno y ozono para los diferentes tipos de lixiviados, la mejor remoción se presenta en el lixiviado tratado previamente por el FAFA , seguido por el lixiviado oxidado que fue coagulado – floculado. Para la oxidación combinada con 1750 mg/l de peróxido de hidrógeno y 9,3 mg/l de ozono, se da que el mejor porcentaje de remoción de color es para el lixiviado que fue tratado previamente por coagulación – floculación con un porcentaje de 25 % siendo muy semejante al lixiviado que fue oxidado previamente por el FAFA con un 24,7 %; éste análisis se puede determinar con las Gráficas 7, 8 y 9 (% Remoción de Color en función del Tiempo).

### GRÁFICAS 7 A 8. % de Remoción de color en función del Tiempo

Oxidación de los diferentes tipos de lixiviados (Ver tabla de datos en el Anexo C)



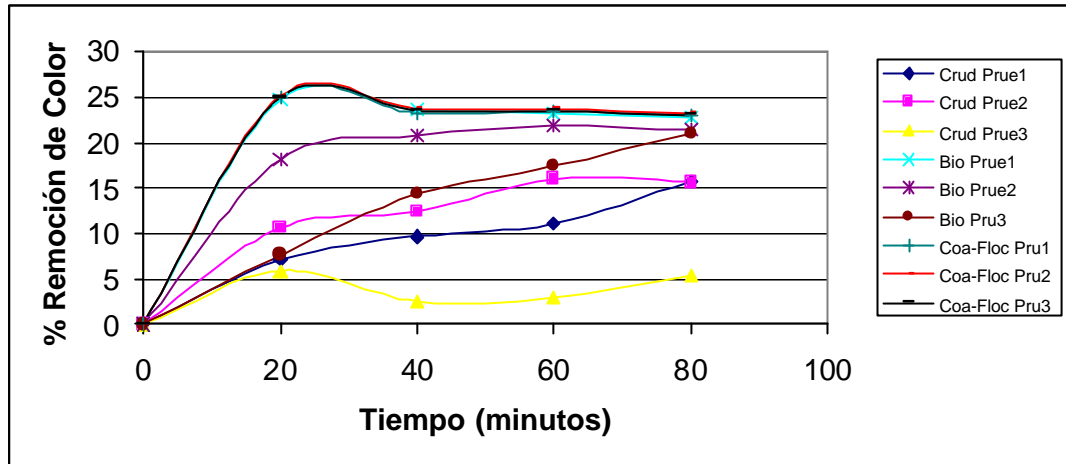
Gráfica 7. % Remoción de Color en función del Tiempo Oxidación con 9,3 mg/l de  $O_3$  y 500 mg/l de  $H_2O_2$



Gráfica 8. % de Remoción de color en función del Tiempo Oxidación con 9,3 mg/l de  $O_3$  y 950 mg/l de  $H_2O_2$

### GRÁFICA 9. % de Remoción de color en función del Tiempo

Oxidación de los diferentes tipos de lixiviados (Ver tabla de datos en el Anexo C)



**Gráfica 9.** % Remoción de Color en función del Tiempo Oxidación con 9,3 mg/l de  $O_3$  y 1750 mg/l de  $H_2O_2$

En las Gráficas 10, 12 y 14 para los diferentes tipos de lixiviados empleados en el trabajo, donde se grafica el porcentaje de remoción en función del tiempo para las diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno solo, se presenta que para una concentración de 1750 mg/l se da el mejor porcentaje de remoción de color, seguido de la concentración de 950 mg/l y 500 mg/l.

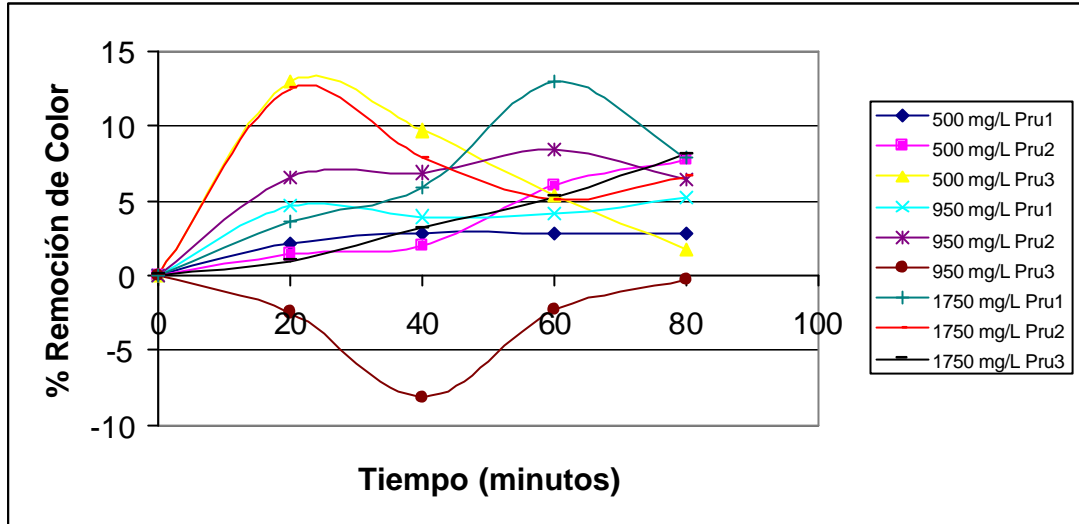
Para las Gráficas 11, 13 y 15 donde se presenta la combinación de las diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno (500 mg/l, 950 mg/l y 1750 mg/l) utilizadas para el trabajo con 9,3 mg/l de ozono en los diferentes lixiviados tratados, se da la tendencia que para 1750 mg/l de peróxido de hidrógeno con 9,3 mg/l se presenta el mejor porcentaje de remoción que con las otras concentraciones combinadas utilizadas.

En general, el mejor porcentaje de remoción de color para los diferentes lixiviados tratados, se presentó en el lixiviado previamente tratado biológicamente (FAFA) con una concentración combinada de peróxido de hidrógeno y ozono de 1750 mg/l y 9,3 mg/l respectivamente.

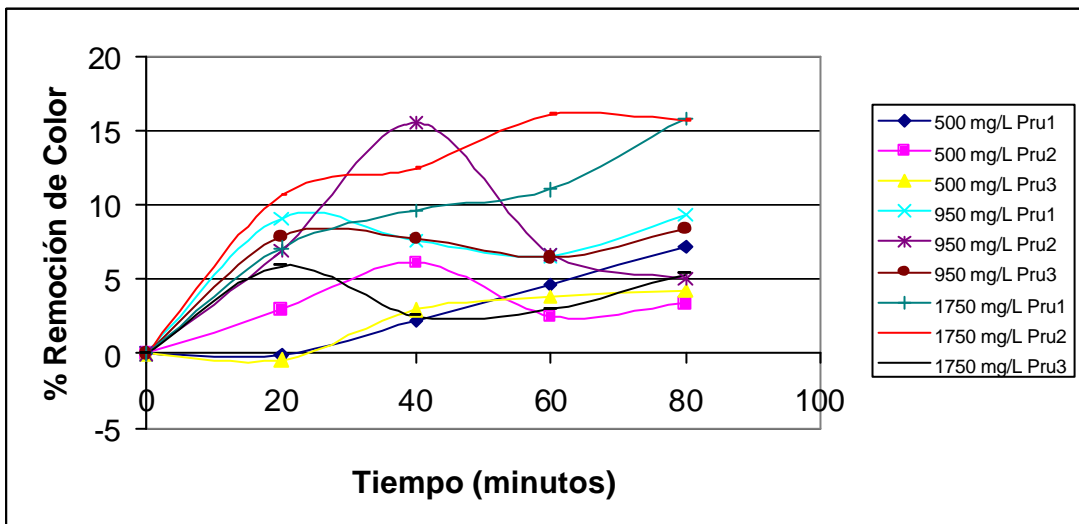


**GRÁFICA 10 a 11. % de Remoción de color en función del Tiempo**

Oxidación para lixiviados crudos (Ver tabla de datos en el Anexo C)



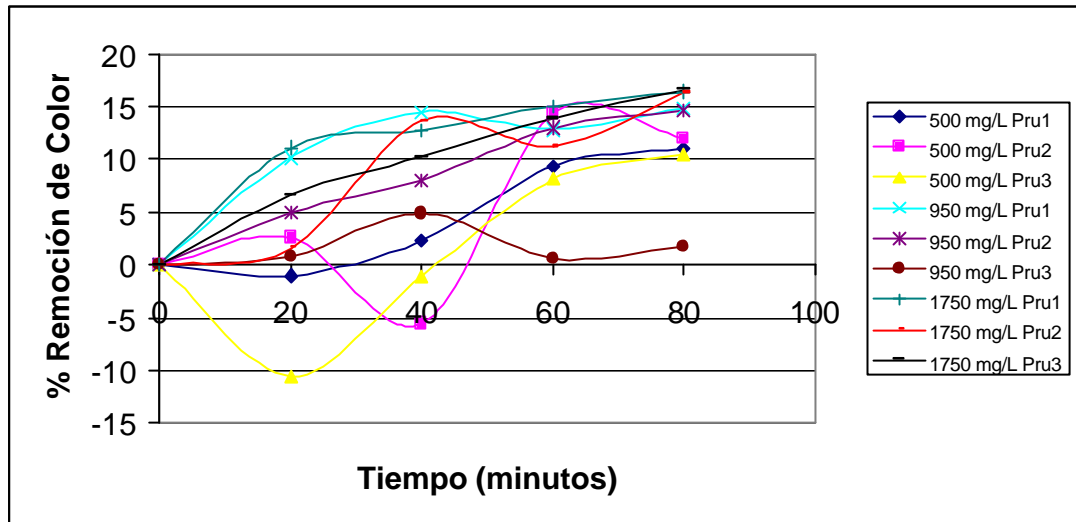
**Gráfica 10.** % Remoción de Color en función del Tiempo Oxidación con  $H_2O_2$



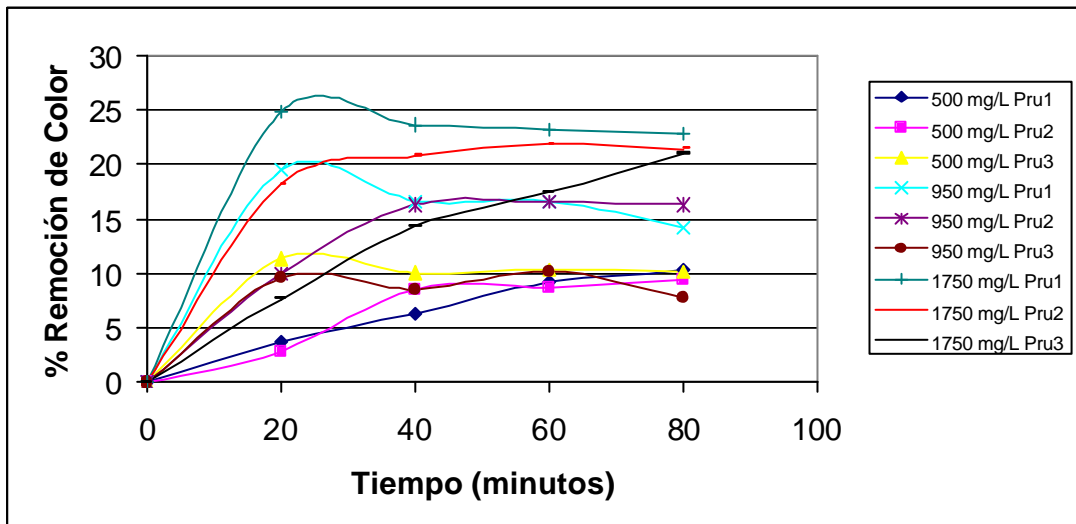
**Gráfica 11.** % de Remoción de color en función del Tiempo de Oxidación en combinación con  $H_2O_2$  y 9,3 mg/l Ozono

**GRÁFICAS 12 A 13. % de Remoción de color en función del Tiempo**

Oxidación para lixiviados tratados biológicamente por FAFA (Ver tabla de datos en el anexo C)



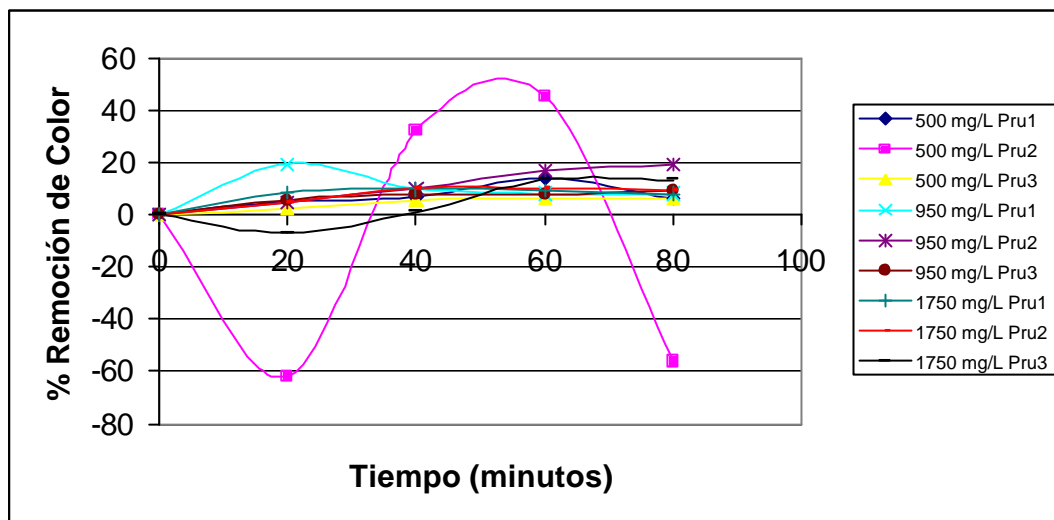
**Gráfica 12.** % Remoción de Color en función del Tiempo de Oxidación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



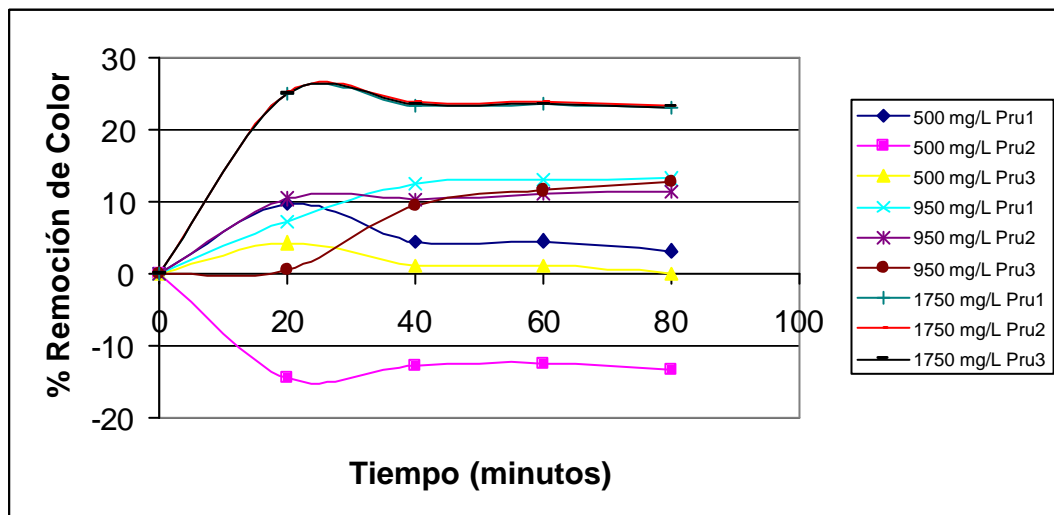
**Gráfica 13.** % de Remoción de color en función del Tiempo Oxidación en combinación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y 9,3 mg/l Ozono

**GRÁFICAS 14 A 15. % de Remoción de color en función del Tiempo**

Oxidación para lixiviados tratados físicamente por coagulación – floculación (Ver tabla de datos en el anexo C)



**Gráfica 14.** % Remoción de Color en función del Tiempo Oxidación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

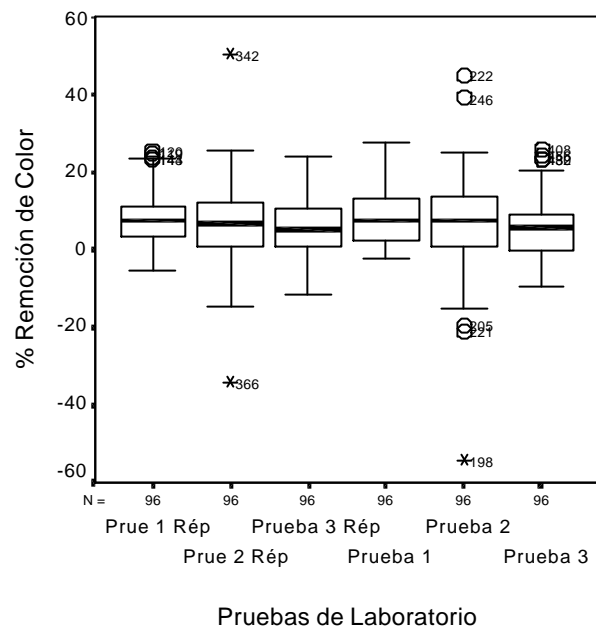


**Gráfica 15.** % de Remoción de color en función del Tiempo Oxidación en combinación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y 9,3 mg/l Ozono



### 4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó el análisis estadístico para cada variable independiente con la variable dependiente (porcentaje de remoción de color), en el programa estadístico S.P.S.S. (Statistical Package for Social Science) versión 11.1



**Gráfica 16.** % Remoción de Color en función de los Ensayos de Laboratorio

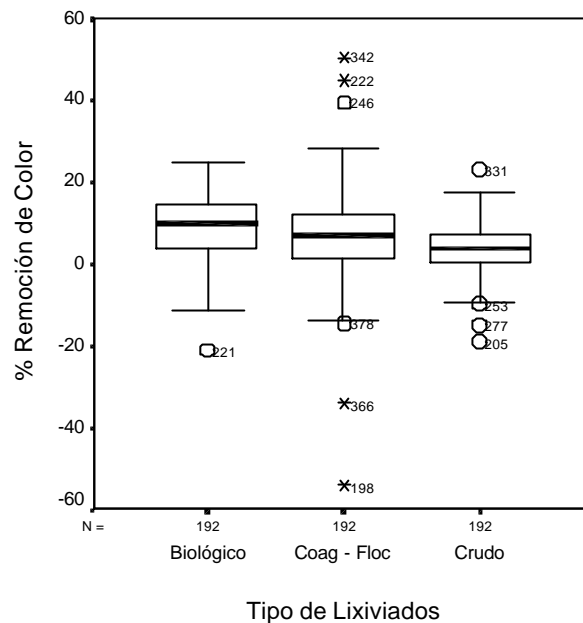
**Tabla 1.** Análisis descriptivo de los datos (programa S.P.S.S.)  
% Remoción de Color en función de los Ensayos de Laboratorio

		Prueba 1		Prueba 1 Réplica		Prueba 2		Prueba 2 Réplica	
		Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Mean		8,3375	,74609	8,1381	,71001	6,2056	1,54311	6,6534	1,30608
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	6,8563		6,7286		3,1422		4,0605	
	Upper Bound	9,8187		9,5477		9,2691		9,2463	
5% Trimmed Mean		7,9417		7,8119		7,2691		7,3708	
Median		7,4000		7,3850		7,7350		6,6750	
Variance		53,438		48,395		228,593		163,761	
Std. Deviation		7,31016		6,95665		15,11930		12,79692	
Minimum		-1,86		-5,25		-77,95		-69,11	
Maximum		28,05		25,62		44,88		50,41	
Range		29,91		30,87		122,83		119,52	
Interquartile Range		10,7975		8,0775		12,9825		10,9900	
Skewness		,749	,246	,728	,246	-2,331	,246	-2,063	,246
Kurtosis		-,185	,488	,111	,488	11,839	,488	13,956	,488

		Prueba 3		Prueba 3 Réplica	
		Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Mean		5,7645	,68810	6,0828	,69253
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	4,3984		4,7080	
	Upper Bound	7,1305		7,4577	
5% Trimmed Mean		5,3981		5,9072	
Median		5,6200		5,3100	
Variance		45,454		46,041	
Std. Deviation		6,74196		6,78538	
Mnimum		-9,72		-11,33	
Maximum		25,94		23,92	
Range		35,66		35,25	
Interquartile Range		9,1300		9,4500	
Skewness		,747	,246	,378	,246
Kurtosis		,982	,488	,647	,488

A partir de la Gráfica 16 y con la ayuda de la tabla 1 que fue analizada por el programa estadístico S.P.S.S. (% Remoción de Color en función de los Ensayos de Laboratorio) se puede determinar que en general todos los ensayos hechos en el trabajo se encuentran en un promedio determinado, la prueba 3 con su réplica presentan un promedio más bajo que las otras pruebas debido esto a que los lixiviados para éstas pruebas se tomaron en días más calurosos. La semejanza de los promedios de todas las pruebas hechas en el laboratorio demuestran confianza. Cada prueba con su réplica tuvieron un promedio muy semejante confirmado así lo anteriormente expuesto.

La pruebas hechas a los lixiviados que fueron tratados previamente por el tratamiento biológico FAFA demostraron mayor porcentaje de remoción de color (con un promedio de 9,3 % de remoción para ésta prueba) que las oxidaciones hechas a los lixiviados previamente tratados por coagulación – floculación y a los lixiviados crudos, siendo éste último el que presento el peor porcentaje de remoción de color (con un promedio de 4,2 % de remoción para esta prueba). Ver Gráfica 17 y tabla 2 % Remoción de Color en función del Tipo de Lixiviados.

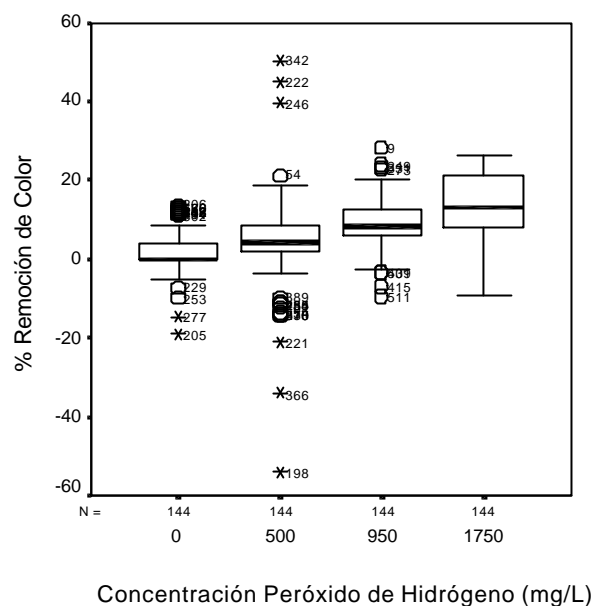


**Gráfica 17.** % Remoción de Color en función del Tipo de Lixiviados

**Tabla 2.** Análisis descriptivo de los datos (programa S.P.S.S.)  
% Remoción de Color en función del Tipo de Lixiviados

		Biológico		Coagulado - Floculado		Crudo	
		Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Mean		9,2954	,54036	7,1037	1,01068	4,1919	,38868
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	8,2296		5,1102		3,4252	
	Upper Bound	10,3613		9,0972		4,9585	
5% Trimmed Mean		9,3580		7,9255		4,2198	
Median		9,8950		6,9400		3,9300	
Variance		56,062		196,124		29,006	
Std. Deviation		7,48744		14,00444		5,38573	
Minimum		-21,13		-77,95		-19,21	
Maximum		24,89		50,41		23,18	
Range		46,02		128,36		42,39	
Interquartile Range		10,6000		10,7050		6,8200	
Skewness		-,360	,175	-2,177	,175	-,243	,175
Kurtosis		,636	,349	12,900	,349	2,755	,349

Con una concentración de peróxido de hidrógeno de 1750 mg/l se logró el mejor porcentaje de remoción de color con un promedio de 13,2 % de remoción y siendo su máximo porcentaje de remoción de 25,9 %, las demás concentraciones no demuestran un porcentaje de remoción considerable. (Gráfica 18 y tabla 3 % Remoción de Color en función de la Concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).



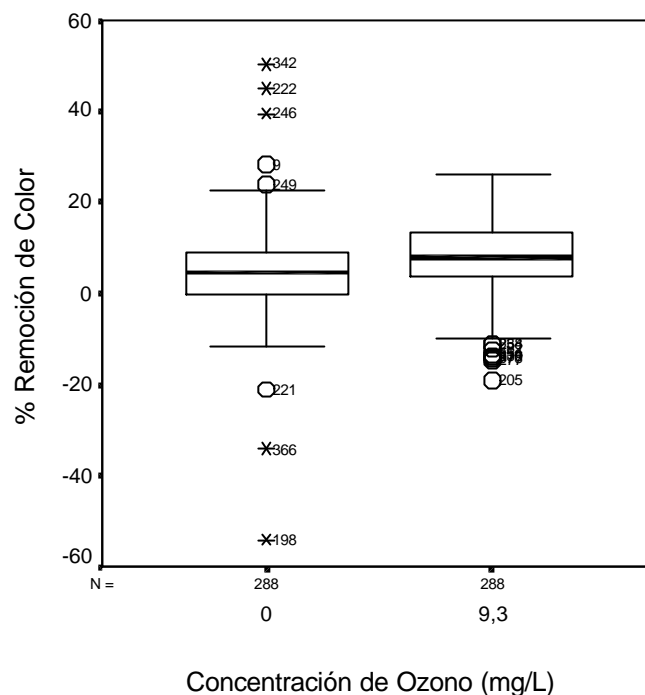
**Gráfica 18.** % Remoción de Color en función de la Concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

**Tabla 3.** Análisis descriptivo de los datos (programa S.P.S.S.)  
% Remoción de Color en función de la Concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

	0 mg/l		500 mg/l		950 mg/l		1750 mg/l	
	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Mean	1,8597	,39435	3,4368	1,16274	8,9251	,49249	13,2331	,64012
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1,0802	1,1384	7,9516	11,9677			
	Upper Bound	2,6392	5,7352	9,8986	14,4984			
5% Trimmed Mean	1,8720	4,4310	8,9194	13,3908				
Median	,0000	4,1100	8,3950	12,7950				
Variance	22,394	194,683	34,927	59,004				
Std. Deviation	4,73219	13,95290	5,90988	7,68141				
Minimum	-19,21	-77,95	-9,35	-9,55				
Maximum	13,66	50,41	28,05	25,94				
Range	32,87	128,36	37,40	35,49				
Interquartile Range	4,1700	6,9800	6,2875	13,7075				
Skewness	-,145	,202	-2,537	,202	,020	,202	-,081	,202
Kurtosis	3,627	,401	15,303	,401	1,104	,401	-,721	,401

El promedio de porcentaje de remoción de color a una concentración de 9,3 mg/l de ozono tan sólo alcanzó un porcentaje de 8,9 % lo que indica que ésta concentración de ozono para la oxidación de lixiviado es muy baja para lo que se esperaba en el trabajo. (Ver Gráfica 18 y la tabla 4 % Remoción de Color en función de la Concentración de O<sub>3</sub>).





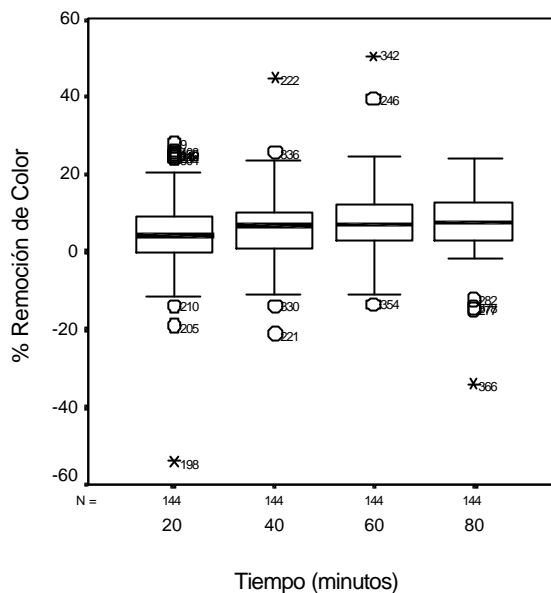
**Gráfica 19.** % Remoción de Color en función de la Concentración de O<sub>3</sub>

**Tabla 4.** Análisis descriptivo de los datos (programa S.P.S.S.)  
% Remoción de Color en función de la Concentración de O<sub>3</sub>

		0 mg/l		9,3 mg/l	
		Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Mean		4,8452	,63546	8,8821	,49802
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	3,5945		7,9019	
	Upper Bound	6,0960		9,8624	
5% Trimmed Mean		5,2137		9,1076	
Median		4,6700		8,1450	
Variance		116,297		71,431	
Std. Deviation		10,78410		8,45171	
Minimum		-77,95		-19,21	
Maximum		50,41		25,94	
Range		128,36		45,15	
Interquartile Range		9,1600		9,7850	
Skewness		-2,818	,144	-,122	,144
Kurtosis		23,706	,286	,468	,286

En el momento en que se agregó oxidante al lixiviado se produce reacción, a medida que transcurrió el tiempo mejoró el porcentaje de remoción de color hasta llegar a los 40 minutos, tiempo en el cual la oxidación del lixiviado va decreciendo hasta los 60 minutos; a partir de este tiempo la oxidación del lixiviado no es

significativa, siendo el mejor tiempo para el porcentaje de remoción de color el minuto 60. (Ver Gráfica 20 y la tabla 5 % Remoción de Color en función del Tiempo)



**Gráfica 20.** % Remoción de Color en función del Tiempo

**Tabla 5.** Análisis descriptivo de los datos (programa S.P.S.S.)  
% Remoción de Color en función del Tiempo

	Minuto 20		Minuto 40		Minuto 60		Minuto 80	
	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Mean	4,7853	,93086	6,9494	,70082	8,3681	,71164	7,3519	,90475
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	2,9453	5,5641	6,9614	5,5635			
	Upper Bound	6,6253	8,3347	9,7748	9,1403			
5% Trimmed Mean	5,3494		6,8170		7,9914		8,0965	
Median	4,1900		6,8850		6,9800		7,5400	
Variance	124,776		70,726		72,927		117,873	
Std. Deviation	11,17033		8,40990		8,53974		10,85695	
Minimum	-69,11		-21,13		-13,49		-77,95	
Maximum	28,05		44,88		50,41		24,22	
Range	97,16		66,01		63,90		102,17	
Interquartile Range	9,1025		9,3475		9,6475		9,9100	
Skewness	-2,793	,202	,600	,202	1,186	,202	-3,736	,202
Kurtosis	17,802	,401	2,965	,401	4,257	,401	27,065	,401

#### **4.4. REMOCIÓN DE OLOR**

El análisis de la remoción de olor se realizó de forma cualitativa haciendo comparaciones del lixiviado oxidado en el minuto 80 con disoluciones de lixiviado y agua destilada en diferentes proporciones (ver metodología).

A partir de las tablas 22 a la 30 del ANEXO A se puede determinar que en general se presentó remoción de olor en todas las pruebas de oxidación comprobando que los oxidantes ozono y peróxido de hidrógeno tienen la propiedad de reducir el olor de los lixiviados.

La remoción del olor en los lixiviados crudos fue en general menos significativa que para los otros lixiviados utilizados en el trabajo, siendo la menor remoción de olor para el lixiviado crudo oxidado con una concentración de peróxido de hidrógeno de 500 mg/l. (Ver ANEXO A. Tabla a.22. Datos de oxidación para lixiviado crudo - Remoción de olor)

Para el lixiviado que fue tratado por coagulación – floculación y que posteriormente fue oxidado con una concentración de 9,3 mg/l de ozono y una concentración de 1750 mg/l de peróxido de hidrógeno, presentó la mejor remoción de olor significativa la cual se asemejó a la disolución de 40 % Lixiviado y 60 % Agua destilada. (Ver ANEXO A. Tabla a.30. Datos de oxidación para lixiviado previamente tratado por coagulación - floculación).

#### **4.5. EFECTO DE LA OXIDACIÓN PREVIA SOBRE LA REMOCIÓN DE COLOR Y TURBIEDAD POR COAGULACIÓN FLOCULACIÓN DE LOS LIXIVIADOS**

El lixiviado crudo se sometió a coagulación - floculación a condiciones establecidas en la planta del relleno sanitario para el día de la realización de la prueba de laboratorio que fue el 10 de diciembre de 2003. La remoción de color y turbiedad en este tratamiento se comparó con la que se obtuvo mediante coagulación - floculación de lixiviados crudos previamente oxidados, en las mejores condiciones de oxidación.

En la planta del relleno sanitario se trabaja con 150 litros de sulfato de aluminio diarios independientemente del volumen de lixiviados a tratar para la realización de la coagulación – floculación de estos.

Se utilizaron seis jarras de 2000 ml, tres con lixiviado crudo y tres con lixiviado oxidado con 9,3 mg/l de ozono en combinación con 1750 mg/l de peróxido de hidrógeno, para la coagulación – floculación se trabajó con 600 ppm, 823 ppm y 1000 ppm de sulfato de aluminio para tipo de lixiviado (crudo y oxidado).

La experimentación para la prueba de jarras se hizo sobre 2000 ml de lixiviado en cada jarra a temperatura ambiente a una velocidad de 120 rpm (mezcla rápida de coagulante primario) durante 5 segundos, seguido de una velocidad de 45 rpm (mezcla lenta) durante 15 minutos; transcurridos los 15 minutos se dio por terminada la agitación y se dejó en reposo el lixiviado durante 20 minutos correspondiendo este al tiempo de sedimentación.

Se tomaron muestras de 5 ml con su respectiva réplica a 5 cm del borde superior del lixiviado, teniendo la precaución de no agitar el lixiviado de las jarras, estas muestras fueron aforadas en dos balones aforados de 100 ml con agua destilada para hacer la respectiva medición de color y turbiedad.

**Tabla 6.** Color y turbiedad del lixiviado crudo sin tratar

	Color U. C.	Turbiedad UNT
	1647	1000
Réplica	1638	980

**Tabla 7.** Color y turbiedad del lixiviado después de coagulación – floculación

Concent. Sulfato de Al (ppm)	Crudo				Lixiviado oxidado			
	Color U.C.	% Rem	Turbiedad UNT	% Rem	Color U.C.	% Rem	Turbiedad UNT	% Rem
600	1187	27,9	880	12	1169	29,0	780	22
Réplica	1179	28,0	820	16	1160	29,1	780	20
823	1160	29,5	760	24	1070	35,0	680	32
Réplica	1169	28,6	780	20	1052	35,7	700	28
1000	1053	36,0	700	30	944	42,6	620	38
Réplica	1053	35,7	700	28	944	42,3	620	36

De la tabla anterior se demuestra que al oxidar previamente el lixiviado que va a ser coagulado – floculado con sulfato de aluminio se alcanzan mayores remociones de color y turbiedad que al coagular – flocular lixiviado crudo; con una concentración de 1000 ppm de sulfato de aluminio se obtuvieron las mejores remociones de color con un 42,3 por ciento de remoción y de 36 por ciento de remoción de turbiedad.

#### 4.6. ESTUDIO PRELIMINAR DE COSTOS

A partir del análisis de los resultados obtenidos experimentalmente, en el laboratorio de la Universidad Nacional, con los lixiviados del relleno sanitario de la empresa metropolitana de aseo EMAS; la dosis de peróxido que arrojó mejores resultados, fue de 1750 mg/l; esto es previsible, a mayor cantidad de peróxido adicionado, mayor la remoción de olor y color.

Si este tratamiento, fuera implementado en la planta de tratamiento, y conocido el caudal promedio que se maneja, 2.5 l /seg. El costo del peróxido actualmente según, la empresa VIDCOL LTDA., es de 55000 pesos, peróxido de hidrógeno 50% grado industrial, garrafa de 20 kilos sin IVA incluido con lo que concluimos que es necesario por hora de tratamiento 15.75 kilos de peróxido de hidrógeno que corresponden a \$ 86.625 / hora (\$ 62.370.000 / mes)

El equipo cotizado produce 2000 mg/l de ozono y consiste de un generador de ozono de U\$S 4.500, y de unos eyectores de mezcla de U\$S 300 cada uno, se calcula la cantidad según el caudal de tratamiento, que para el caso es necesario 4 eyectores de mezcla.

Datos técnicos del equipo :

Tensión de alimentación 220 volts.

Consumo energético: 770 W.

Valor del consumo por hora: \$ 211

Consumo a plena generación : 3,5 amps.

Peso del equipo : 35 Kgrs.

Medidas : 1 metro de alto -60 ctms de frente -40 ctms de fondo

## CONCLUSIONES

- A partir del análisis de los resultados la dosis óptima de peróxido de hidrógeno, en cuanto a mejoramiento del lixiviado se refiere, viene dada, proporcionalmente a mayor cantidad aplicada de peróxido de hidrógeno, mejores remociones de color y olor en el lixiviado.
- Es de notar, una tendencia del comportamiento del lixiviado, teniendo en cuenta las diferentes cantidades de peróxido aplicadas; y es que a grandes cantidades de aplicación de peróxido de hidrógeno no hay grandes diferencias en el mejoramiento de las condiciones de color del lixiviado.
- La aplicación de peróxido de hidrógeno, cuando el lixiviado ha sido tratado anteriormente con cloruro férrico, lleva el lixiviado a una coloración rojiza bastante notable, que claramente no es lo que se pretende, sabiendo que lo que se busca es eliminar el color.
- La oxidación del lixiviado con ozono y peróxido de hidrógeno, antes del tratamiento de coagulación, arrojó mejores cifras al ser comparadas con las cifras logradas en la coagulación del lixiviado no oxidado previamente.
- El tratamiento de ozonización no hizo una reducción del color del lixiviado tan significativa como se esperaba. Se sospecha este resultado mas por la pequeña capacidad del equipo de generar mayor cantidad de ozono, que por la reconocida eficiencia de esta sustancia.
- La aplicación de peróxido de hidrógeno, en cualquiera de las diferentes dosis utilizadas, fue significativamente eficiente en la eliminación de olor.

- La combinación del proceso de ozonización y adición de peróxido de hidrógeno en el lixiviado, entrega mejores resultados, que cada uno de estos procedimientos en forma individual.
- En el transcurso de cada ensayo, donde se aplicó ozono; a medida que se avanzaba el tiempo, se lograban mejores remociones de color y de olor.
- Los resultados obtenidos en la oxidación del lixiviado viejo, dejaron ver que este no presenta mayor mejora, en sus características de olor y color después del tratamiento con ozono y peróxido de hidrógeno.
- La baja remoción se cree que se debió a la baja escala del ozonizador utilizado. Es probable que con un equipo de mejor capacidad, una agitación constante del lixiviado y un dosificador que suministre peróxido de hidrógeno durante el mismo tiempo que dura la ozonización, los resultados hubieran sido mejores.



## SUGERENCIAS

- Disposición de un montaje que permita el monitoreo de las emisiones de gases, que se presenten en el desarrollo de la práctica, con el fin de tener conocimiento de la posible generación de gases nocivos y su dispersión alrededor, además de un estimativo cuantitativo de este.
- Implementar diferentes modelos de contacto, entre el ozono, el peróxido de hidrógeno y el lixiviado; como ejemplo podría ser la aplicación del peróxido en forma de goteo, o en general alguna forma de diferenciar la cantidad en el tiempo.
- Tener en cuenta al momento de decidir la dosis de reactivos oxidantes, el pH y concentración de hierro en la muestra de lixiviado.
- La posible disposición del lixiviado a una temperatura mayor a los 25 °C, es decir un precalentamiento si es necesario, para mejorar la reactividad de la mezcla en general, de lixiviado y oxidantes.
- La utilización de un equipo de ozonización más potente; que entregue muchos más gramos de ozono por hora.
- La aplicación de un peróxido de hidrógeno de mayor concentración.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A.A. Karimi, J.A. Redman, W.H: Glaze, G.F. Stolarik, *Jour. AWWA*, 41-53 (1997).
- [2] ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y practica de la purificación del agua. Asociación colombiana de ingeniería sanitaria y ambiental. ACODAL. Santa fe de Bogota. 1992.
- [18] C.P. HUANG, CH. DONG Y Z. TANG, *Waste Management*,13, 361-377 (1993).
- [4] F.J. BELTRÁN, M. GONZÁLEZ, J. RIVAS Y M. MARÍN. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 33, 125-136 (1884).
- [5] FAGAN, Michael; WALTON, Jhon R. US Peroxide. Marzo 17 de 1999.
- [6] GLAZE, W. H., KANG, J.W. & CHAPIN, D.H. The chemistry of water treatment processes involving ozone. hydrogen peroxide and ultraviolet radiation. *Ozone Science & Engineering*. 1987.
- [7] HERRERA SEPÚLVEDA, Bibiana Maria; LADINO CASTAÑO, Lina Emperatriz, "Mejoramamiento del sistema de tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario la esmeralda" Manizales, Dic 2001; trabajo grado.
- [8] <http://www.3800ozono.com>

- [9] <http://www.electrozono.com/default.htm>
- [10] <http://www.eurozon.com/ozono/aplicaciones.htm>
- [11] [http://www.sagan-gea.org/hojared\\_AGUA/paginas/16agua.html](http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/16agua.html)
- [12] LÓPEZ CANO, Lorenza del pilar, "Búsqueda y posible solución al tratamiento de los lixiviados", Manizales, Nov 20/98, trabajo de grado.
- [13] P. Ormad, S. Cortés, A. Puig y J.L. Ovelleiro, *Wat. Res.*, 31, 2387-2391 (1997).
- [14] P. ROCHE, C. VOLK, F. CARBONNIER Y H. PAILLARD. *Ozone Sci. Engin.*, 16, 135-155 (1994).
- [15] Plan Nacional 2000-2003. Volumen II. Área del medio ambiente. El problema del medio ambiente en España.
- [16] Requisitos técnicos de los rellenos sanitarios para residuos sólidos y residuos peligrosos en Baviera. Simposio Internacional. Gestión integral de los residuos sólidos y peligrosos: Prioridad ambiental para Colombia.
- [17] RICHARD, Y. & BRENER. L. Organic materials produced upon ozonization of water in Ozone/Chlorine Dioxide Oxidation Products of Organic Materials. R.G. Rice y J.A. Cotruvo, Editors, Id. Ozone Inst, Cleveland. Ohio. 1978.
- [18] STAEHELIN, J. & HOIGNE, J. Decomposition of ozone in water: rate of initiation by hydrogen ion and hydrogen peroxide. *Environ. Science and Technology*. 1982.

- [19] W.D. BELLAMY, G.T. HICKMAN, P.A. MUELLER y N. ZIEMBA, *Res. J. Water Control Fed.*, 63, 120-128 (1991).
- [20] W.H. GLAZE, F.J. BELTRÁN, T. TUHKANEN Y J.W. KANG. *Water Poll. Res. J. Canada*, 27, 23-42 (1992).
- [21] W.H. GLAZE, J.W. KANG Y D.H. CHAPIN. *Ozone Sci. & Technol.*, 9, 335-352 (1987).

# **ANEXOS**

## **ANEXO A**

### **TABLAS DE DATOS DE LA OXIDACIÓN**

**REMOCIÓN DE COLOR**

**REMOCIÓN DE OLOR (CUALITATIVA)**

**Tabla A.1. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO CRUDO**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 500 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 23 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,277	2492,798	0	0,27	2429,803	2,527076	0,271	2438,802	2,166065	0,272	2447,802	1,805054	0,272	2447,802	1,805054
Réplica	0,284	2555,793	0	0,279	2510,796	1,760563	0,274	2465,8	3,521127	0,273	2456,801	3,873239	0,273	2456,801	3,873239
PRUEBA 2 Octubre 6 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,358	3221,739	0	0,355	3194,741	0,838	0,355	3194,741	0,837989	0,34	3059,752	5,027933	0,33	2969,759	7,821229
Réplica	0,358	3221,739	0	0,351	3158,744	1,955	0,347	3122,747	3,072626	0,333	2996,757	6,98324	0,331	2978,759	7,541899
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,31	2789,774	0	0,271	2438,802	12,58065	0,278	2501,797	10,32258	0,291	2618,788	6,129032	0,303	2726,779	2,258065
Réplica	0,311	2798,773	0	0,27	2429,803	13,18328	0,283	2546,794	9,003215	0,297	2672,783	4,501608	0,307	2762,776	1,286174

## Tabla A.2. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO CRUDO

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 950 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 23 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,277	2492,798	0	0,265	2384,807	4,33213	0,268	2411,804	3,249097	0,269	2420,804	2,888087	0,265	2384,807	4,33213
Réplica	0,284	2555,793	0	0,27	2429,803	4,929577	0,271	2438,802	4,577465	0,269	2420,804	5,28169	0,267	2402,805	5,985915
PRUEBA 2 Octubre 6 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,327	2942,761	0	0,303	2726,779	7,33945	0,306	2753,777	6,422018	0,302	2717,78	7,64526	0,305	2744,778	6,727829
Réplica	0,329	2960,76	0	0,31	2789,774	5,775076	0,305	2744,778	7,294833	0,299	2690,782	9,118541	0,309	2780,775	6,079027
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,317	2852,769	0	0,325	2924,763	-2,523659	0,339	3050,753	-6,940063	0,328	2951,761	-3,470032	0,322	2897,765	-1,577287
Réplica	0,321	2888,766	0	0,329	2960,76	-2,492212	0,351	3158,744	-9,345794	0,325	2924,763	-1,246106	0,318	2861,768	0,934579



**Tabla A.3. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO CRUDO**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 1750 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,277	2492,798	0	0,267	2402,805	3,610108	0,265	2384,807	4,33213	0,229	2060,833	17,32852	0,258	2321,812	6,859206
Réplica	0,284	2555,793	0	0,274	2465,8	3,521127	0,263	2366,808	7,394366	0,26	2339,81	8,450704	0,259	2330,811	8,802817
PRUEBA 2 Octubre 7 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,358	3221,739	0	0,312	2807,772	12,84916	0,33	2969,759	7,821229	0,34	3059,752	5,027933	0,335	3014,756	6,424581
Réplica	0,358	3221,739	0	0,315	2834,77	12,01117	0,33	2969,759	7,821229	0,34	3059,752	5,027933	0,334	3005,756	6,703911
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,317	2852,769	0	0,315	2834,77	0,630915	0,307	2762,776	3,154574	0,299	2690,782	5,678233	0,291	2618,788	8,201893
Réplica	0,315	2834,77	0	0,311	2798,773	1,269841	0,305	2744,778	3,174603	0,3	2699,781	4,761905	0,29	2609,788	7,936508

**Tabla A.4. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO CRUDO**

Oxidante: **Ozono**

Concentración: 9,3 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 9 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,449	4040,672	0	0,44	3959,679	2,004454	0,448	4031,673	0,222717	0,449	4040,672	0	0,428	3851,688	4,67706
Réplica	0,452	4067,67	0	0,445	4004,675	1,548673	0,415	3734,697	8,185841	0,447	4022,674	1,106195	0,435	3914,683	3,761062
PRUEBA 2 Septiembre 15 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,432	3887,685	0	0,515	4634,624	-19,21296	0,463	4166,662	-7,175926	0,475	4274,653	-9,953704	0,496	4463,638	-14,81481
Réplica	0,457	4112,667	0	0,48	4319,65	-5,032823	0,473	4256,655	-3,501094	0,461	4148,664	-0,875274	0,465	4184,661	-1,750547
PRUEBA 3 Octubre 3 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,394	3545,713	0	0,399	3590,709	-1,269036	0,39	3509,715	1,015228	0,405	3644,705	-2,791878	0,386	3473,718	2,030457
Réplica	0,405	3644,705	0	0,398	3581,71	1,728395	0,388	3491,717	4,197531	0,406	3653,704	-0,246914	0,4	3599,708	1,234568

**Tabla A.5. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO CRUDO**

Oxidante: **Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 9,3 mg/l – 500 mg/l

PRUEBA 1 Octubre 7 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,354	3185,742	0	0,358	3221,739	-1,129944	0,349	3140,745	1,412429	0,34	3059,752	3,954802	0,33	2969,759	6,779661
Réplica	0,358	3221,739	0	0,355	3194,741	0,837989	0,347	3122,747	3,072626	0,339	3050,753	5,307263	0,331	2978,759	7,541899
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,358	3221,739	0	0,345	3104,748	3,631285	0,318	2861,768	11,17318	0,35	3149,745	2,234637	0,344	3095,749	3,910615
Réplica	0,358	3221,739	0	0,35	3149,745	2,234637	0,354	3185,742	1,117318	0,348	3131,746	2,793296	0,348	3131,746	2,793296
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,358	3221,739	0	0,359	3230,738	-0,27933	0,346	3113,748	3,351955	0,345	3104,748	3,631285	0,343	3086,75	4,189944
Réplica	0,358	3221,739	0	0,36	3239,737	-0,558659	0,349	3140,745	2,513966	0,344	3095,749	3,910615	0,343	3086,75	4,189944

**Tabla A.6. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO CRUDO**

Oxidante: **Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 9,3 mg/l – 950 mg/l

PRUEBA 1 Octubre 8 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,358	3221,739	0	0,324	2915,764	9,497207	0,332	2987,758	7,26257	0,329	2960,76	8,100559	0,331	2978,759	7,541899
Réplica	0,357	3212,74	0	0,326	2933,762	8,683473	0,329	2960,76	7,843137	0,339	3050,753	5,042017	0,317	2852,769	11,20448
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,358	3221,739	0	0,332	2987,758	7,26257	0,33	2969,759	7,821229	0,335	3014,756	6,424581	0,34	3059,752	5,027933
Réplica	0,358	3221,739	0	0,335	3014,756	6,424581	0,275	2474,799	23,18436	0,333	2996,757	6,98324	0,34	3059,752	5,027933
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,356	3203,74	0	0,328	2951,761	7,865169	0,331	2978,759	7,022472	0,334	3005,756	6,179775	0,324	2915,764	8,988764
Réplica	0,358	3221,739	0	0,33	2969,759	7,821229	0,328	2951,761	8,379888	0,334	3005,756	6,703911	0,33	2969,759	7,821229

**Tabla A.7. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO CRUDO**

Oxidante: **Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 9,3 mg/l – 1750 mg/l

PRUEBA 1 Octubre 8 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,358	3221,739	0	0,333	2996,757	6,98324	0,326	2933,762	8,938547	0,318	2861,768	11,17318	0,304	2735,778	15,0838
Réplica	0,358	3221,739	0	0,332	2987,758	7,26257	0,321	2888,766	10,3352	0,319	2870,767	10,89385	0,299	2690,782	16,48045
PRUEBA 2 Octubre 15 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,358	3221,739	0	0,31	2789,774	13,40782	0,315	2834,77	12,01117	0,302	2717,78	15,64246	0,304	2735,778	15,0838
Réplica	0,358	3221,739	0	0,33	2969,759	7,821229	0,312	2807,772	12,84916	0,299	2690,782	16,48045	0,3	2699,781	16,20112
PRUEBA 3 Octubre 22 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,358	3221,739	0	0,335	3014,756	6,424581	0,351	3158,744	1,955307	0,347	3122,747	3,072626	0,339	3050,753	5,307263
Réplica	0,358	3221,739	0	0,339	3050,753	5,307263	0,347	3122,747	3,072626	0,348	3131,746	2,793296	0,339	3050,753	5,307263

**Tabla A.8. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE (FAFA)**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 500 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 22 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,151	1358,89	0	0,152	1367,889	-0,662252	0,139	1250,899	7,94702	0,135	1214,902	10,59603	0,134	1205,902	11,25828
Réplica	0,147	1322,893	0	0,149	1340,891	-1,360544	0,152	1367,889	-3,401361	0,135	1214,902	8,163265	0,131	1178,904	10,88435
PRUEBA 2 Octubre 7 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,194	1745,858	0	0,188	1691,863	3,092784	0,235	2114,829	-21,13402	0,163	1466,881	15,97938	0,172	1547,875	11,34021
Réplica	0,189	1700,862	0	0,185	1664,865	2,116402	0,17	1529,876	10,05291	0,165	1484,88	12,69841	0,165	1484,88	12,69841
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,144	1295,895	0	0,158	1421,885	-9,722222	0,147	1322,893	-2,083333	0,136	1223,901	5,555556	0,132	1187,904	8,333333
Réplica	0,15	1349,891	0	0,167	1502,878	-11,33333	0,15	1349,891	0	0,134	1205,902	10,66667	0,131	1178,904	12,66667

**Tabla A.9. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE (FAFA)**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 950 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 22 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,153	1376,888	0	0,14	1259,898	8,496732	0,134	1205,902	12,4183	0,132	1187,904	13,72549	0,129	1160,906	15,68627
Réplica	0,151	1358,89	0	0,133	1196,903	11,92053	0,126	1133,908	16,55629	0,133	1196,903	11,92053	0,13	1169,905	13,90728
PRUEBA 2 Octubre 7 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,194	1745,858	0	0,182	1637,867	6,185567	0,175	1574,872	9,793814	0,167	1502,878	13,91753	0,165	1484,88	14,94845
Réplica	0,19	1709,861	0	0,183	1646,867	3,684211	0,178	1601,87	6,315789	0,167	1502,878	12,10526	0,163	1466,881	14,21053
PRUEBA 3 Octubre 22 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,157	1412,885	0	0,161	1448,883	-2,547771	0,154	1385,888	1,910828	0,16	1439,883	-1,910828	0,158	1421,885	-0,636943
Réplica	0,165	1484,88	0	0,158	1421,885	4,242424	0,152	1367,889	7,878788	0,16	1439,883	3,030303	0,158	1421,885	4,242424

**Tabla A.10. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE (FAFA)**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 1750 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,153	1376,888	0	0,133	1196,903	13,0719	0,131	1178,904	14,37908	0,128	1151,907	16,33987	0,129	1160,906	15,68627
Réplica	0,152	1367,889	0	0,138	1241,899	9,210526	0,135	1214,902	11,18421	0,131	1178,904	13,81579	0,126	1133,908	17,10526
PRUEBA 2 Octubre 9 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,185	1664,865	0	0,184	1655,866	0,540541	0,17	1529,876	8,108108	0,166	1493,879	10,27027	0,155	1394,887	16,21622
Réplica	0,188	1691,863	0	0,183	1646,867	2,659574	0,152	1367,889	19,14894	0,165	1484,88	12,23404	0,157	1412,885	16,48936
PRUEBA 3 Octubre 27 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,167	1502,878	0	0,155	1394,887	7,185629	0,149	1340,891	10,77844	0,145	1304,894	13,17365	0,14	1259,898	16,16766
Réplica	0,165	1484,88	0	0,155	1394,887	6,060606	0,149	1340,891	9,69697	0,141	1268,897	14,54545	0,137	1232,9	16,9697



**Tabla A.11. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE (FAFA)**

Oxidante: **Ozono**

Concentración: 9,3 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 22 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,161	1448,883	0	0,164	1475,88	-1,863354	0,163	1466,881	-1,242236	0,14	1259,898	13,04348	0,147	1322,893	8,695652
Réplica	0,164	1475,88	0	0,161	1448,883	1,829268	0,15	1349,891	8,536585	0,158	1421,885	3,658537	0,144	1295,895	12,19512
PRUEBA 2 Septiembre 25 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,161	1448,883	0	0,139	1250,899	13,6646	0,154	1385,888	4,347826	0,154	1385,888	4,347826	0,151	1358,89	6,21118
Réplica	0,164	1475,88	0	0,146	1313,893	10,97561	0,155	1394,887	5,487805	0,153	1376,888	6,707317	0,154	1385,888	6,097561
PRUEBA 3 Septiembre 16 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,163	1466,881	0	0,155	1394,887	4,907975	0,152	1367,889	6,748466	0,144	1295,895	11,65644	0,142	1277,896	12,88344
Réplica	0,162	1457,882	0	0,144	1295,895	11,11111	0,143	1286,896	11,7284	0,143	1286,896	11,7284	0,141	1268,897	12,96296

**Tabla A.12. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE (FAFA)**

Oxidante: **Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 9,3 mg/l – 500 mg/l

PRUEBA 1 Octubre 2 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,228	2051,834	0	0,22	1979,84	3,508772	0,214	1925,844	6,140351	0,209	1880,848	8,333333	0,206	1853,85	9,649123
Réplica	0,23	2069,832	0	0,221	1988,839	3,913043	0,215	1934,843	6,521739	0,207	1862,849	10	0,205	1844,85	10,86957
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,228	2051,834	0	0,22	1979,84	3,508772	0,209	1880,848	8,333333	0,21	1889,847	7,894737	0,208	1871,848	8,77193
Réplica	0,23	2069,832	0	0,225	2024,836	2,173913	0,21	1889,847	8,695652	0,208	1871,848	9,565217	0,207	1862,849	10
PRUEBA 3 Octubre 22 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,27	2429,803	0	0,239	2150,826	11,48148	0,244	2195,822	9,62963	0,242	2177,823	10,37037	0,245	2204,821	9,259259
Réplica	0,269	2420,804	0	0,239	2150,826	11,15242	0,241	2168,824	10,40892	0,241	2168,824	10,40892	0,239	2150,826	11,15242

**Tabla A.13. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE (FAFA)**

Oxidante: **Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 9,3 mg/l – 950 mg/l

PRUEBA 1 Octubre 2 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,228	2051,834	0	0,186	1673,864	18,42105	0,191	1718,861	16,22807	0,193	1736,859	15,35088	0,197	1772,856	13,59649
Réplica	0,23	2069,832	0	0,183	1646,867	20,43478	0,191	1718,861	16,95652	0,189	1700,862	17,82609	0,196	1763,857	14,78261
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,228	2051,834	0	0,202	1817,853	11,40351	0,191	1718,861	16,22807	0,19	1709,861	16,66667	0,19	1709,861	16,66667
Réplica	0,226	2033,835	0	0,207	1862,849	8,40708	0,189	1700,862	16,37168	0,189	1700,862	16,37168	0,19	1709,861	15,9292
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,241	2168,824	0	0,219	1970,84	9,128631	0,221	1988,839	8,298755	0,219	1970,84	9,128631	0,223	2006,837	7,46888
Réplica	0,239	2150,826	0	0,215	1934,843	10,04184	0,218	1961,841	8,786611	0,212	1907,845	11,29707	0,22	1979,84	7,949791

**Tabla A.14. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE (FAFA)**

Oxidante: **Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 9,3 mg/l – 1750 mg/l

PRUEBA 1 Octubre 2 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,228	2051,834	0	0,172	1547,875	24,5614	0,174	1565,873	23,68421	0,175	1574,872	23,24561	0,176	1583,872	22,80702
Réplica	0,225	2024,836	0	0,169	1520,877	24,88889	0,172	1547,875	23,55556	0,173	1556,874	23,11111	0,174	1565,873	22,66667
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,228	2051,834	0	0,19	1709,861	16,66667	0,181	1628,868	20,61404	0,179	1610,869	21,49123	0,179	1610,869	21,49123
Réplica	0,23	2069,832	0	0,185	1664,865	19,56522	0,182	1637,867	20,86957	0,179	1610,869	22,17391	0,181	1628,868	21,30435
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,24	2159,825	0	0,221	1988,839	7,916667	0,207	1862,849	13,75	0,199	1790,855	17,08333	0,19	1709,861	20,83333
Réplica	0,242	2177,823	0	0,224	2015,837	7,438017	0,206	1853,85	14,87603	0,199	1790,855	17,7686	0,191	1718,861	21,07438

**Tabla A.15. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE POR COAGULACIÓN- FLOCULACIÓN**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 500 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 25 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,241	2168,824	0	0,232	2087,831	3,73444	0,225	2024,836	6,639004	0,19	1709,861	21,16183	0,23	2069,832	4,564315
Réplica	0,245	2204,821	0	0,229	2060,833	6,530612	0,229	2060,833	6,530612	0,228	2051,834	6,938776	0,228	2051,834	6,938776
PRUEBA 2 Octubre 9 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,127	1142,907	0	0,196	1763,857	-54,33071	0,07	629,9489	44,88189	0,077	692,9438	39,37008	0,226	2033,835	-77,95276
Réplica	0,123	1106,91	0	0,208	1871,848	-69,10569	0,1	899,9271	18,69919	0,061	548,9555	50,4065	0,165	1484,88	-34,14634
PRUEBA 3 Octubre 15 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,18	1619,869	0	0,175	1574,872	2,777778	0,17	1529,876	5,555556	0,168	1511,877	6,666667	0,167	1502,878	7,222222
Réplica	0,176	1583,872	0	0,173	1556,874	1,704545	0,167	1502,878	5,113636	0,166	1493,879	5,681818	0,167	1502,878	5,113636

**Tabla A.16. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE POR COAGULACIÓN- FLOCULACIÓN**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 950 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 26 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,246	2213,821	0	0,177	1592,871	28,04878	0,224	2015,837	8,943089	0,227	2042,834	7,723577	0,226	2033,835	8,130081
Réplica	0,249	2240,818	0	0,223	2006,837	10,44177	0,221	1988,839	11,24498	0,228	2051,834	8,433735	0,229	2060,833	8,032129
PRUEBA 2 Octubre 7 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,075	674,9453	0	0,07	629,9489	6,666667	0,06	539,9562	20	0,057	512,9584	24	0,058	521,9577	22,66667
Réplica	0,07	629,9489	0	0,068	611,9504	2,857143	0,07	629,9489	0	0,063	566,954	10	0,059	530,957	15,71429
PRUEBA 3 Octubre 15 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,169	1520,877	0	0,162	1457,882	4,142012	0,157	1412,885	7,100592	0,158	1421,885	6,508876	0,155	1394,887	8,284024
Réplica	0,172	1547,875	0	0,16	1439,883	6,976744	0,158	1421,885	8,139535	0,157	1412,885	8,72093	0,154	1385,888	10,46512

**Tabla A.17. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE POR COAGULACIÓN- FLOCULACIÓN**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

Concentración: 1750 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 26 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,245	2204,821	0	0,224	2015,837	8,571429	0,223	2006,837	8,979592	0,222	1997,838	9,387755	0,224	2015,837	8,571429
Réplica	0,244	2195,822	0	0,222	1997,838	9,016393	0,219	1970,84	10,2459	0,222	1997,838	9,016393	0,226	2033,835	7,377049
PRUEBA 2 Octubre 9 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,131	1178,904	0	0,125	1124,909	4,580153	0,119	1070,913	9,160305	0,119	1070,913	9,160305	0,12	1079,912	8,396947
Réplica	0,132	1187,904	0	0,126	1133,908	4,545455	0,118	1061,914	10,60606	0,118	1061,914	10,60606	0,119	1070,913	9,848485
PRUEBA 3 Octubre 15 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,162	1457,882	0	0,17	1529,876	-4,938272	0,155	1394,887	4,320988	0,141	1268,897	12,96296	0,14	1259,898	13,58025
Réplica	0,157	1412,885	0	0,172	1547,875	-9,55414	0,16	1439,883	-1,910828	0,135	1214,902	14,01274	0,137	1232,9	12,73885

**Tabla A.18. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE POR COAGULACIÓN- FLOCULACIÓN**

Oxidante: Ozono

Concentración: 9,3 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 16 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,389	3500,716	0	0,38	3419,723	2,313625	0,383	3446,721	1,542416	0,364	3275,734	6,426735	0,373	3356,728	4,113111
Réplica	0,362	3257,736	0	0,321	2888,766	11,32597	0,381	3428,722	-5,248619	0,351	3158,744	3,038674	0,341	3068,751	5,801105
PRUEBA 2 Octubre 2 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,396	3563,711	0	0,349	3140,745	11,86869	0,371	3338,729	6,313131	0,383	3446,721	3,282828	0,381	3428,722	3,787879
Réplica	0,406	3653,704	0	0,4	3599,708	1,477833	0,389	3500,716	4,187192	0,395	3554,712	2,70936	0,379	3410,724	6,650246
PRUEBA 3 Octubre 16 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,398	3581,71	0	0,365	3284,734	8,291457	0,386	3473,718	3,015075	0,373	3356,728	6,281407	0,376	3383,726	5,527638
Réplica	0,395	3554,712	0	0,361	3248,737	8,607595	0,385	3464,719	2,531646	0,374	3365,727	5,316456	0,367	3302,732	7,088608



**Tabla A.19. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE POR COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN**

Oxidante: Ozono y Peróxido de Hidrógeno

Concentración: 9,3 mg/l – 500 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 29 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,515	4634,624	0	0,436	3923,682	15,33981	0,486	4373,645	5,631068	0,485	4364,646	5,825243	0,489	4400,643	5,048544
Réplica	0,496	4463,638	0	0,476	4283,653	4,032258	0,48	4319,65	3,225806	0,48	4319,65	3,225806	0,489	4400,643	1,41129
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,222	1997,838	0	0,253	2276,815	-13,96396	0,247	2222,82	-11,26126	0,247	2222,82	-11,26126	0,249	2240,818	-12,16216
Réplica	0,215	1934,843	0	0,247	2222,82	-14,88372	0,245	2204,821	-13,95349	0,244	2195,822	-13,48837	0,246	2213,821	-14,4186
PRUEBA 3 Octubre 15 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,368	3311,732	0	0,344	3095,749	6,521739	0,366	3293,733	0,543478	0,366	3293,733	0,543478	0,369	3320,731	-0,271739
Réplica	0,369	3320,731	0	0,361	3248,737	2,168022	0,362	3257,736	1,897019	0,362	3257,736	1,897019	0,367	3302,732	0,542005

**Tabla A.20. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE POR COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN**

Oxidante: Ozono y Peróxido de Hidrógeno

Concentración: 9,3 mg/l – 950 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 29 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,287	2582,791	0	0,263	2366,808	8,362369	0,251	2258,817	12,54355	0,251	2258,817	12,54355	0,25	2249,818	12,89199
Réplica	0,289	2600,789	0	0,271	2438,802	6,228374	0,253	2276,815	12,45675	0,25	2249,818	13,49481	0,25	2249,818	13,49481
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,303	2726,779	0	0,255	2294,814	15,84158	0,269	2420,804	11,22112	0,267	2402,805	11,88119	0,266	2393,806	12,21122
Réplica	0,298	2681,783	0	0,283	2546,794	5,033557	0,27	2429,803	9,395973	0,268	2411,804	10,06711	0,266	2393,806	10,73826
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,271	2438,802	0	0,259	2330,811	4,428044	0,243	2186,823	10,3321	0,239	2150,826	11,80812	0,235	2114,829	13,28413
Réplica	0,268	2411,804	0	0,277	2492,798	-3,358209	0,245	2204,821	8,58209	0,238	2141,826	11,19403	0,235	2114,829	12,31343

**Tabla A.21. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE POR COAGULACIÓN- FLOCULACIÓN**

Oxidante: Ozono y Peróxido de Hidrógeno

Concentración: 9,3 mg/l – 1750 mg/l

PRUEBA 1 Septiembre 30 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,198	1781,856	0	0,15	1349,891	24,24242	0,153	1376,888	22,72727	0,153	1376,888	22,72727	0,153	1376,888	22,72727
Réplica	0,203	1826,852	0	0,151	1358,89	25,61576	0,155	1394,887	23,64532	0,154	1385,888	24,13793	0,156	1403,886	23,15271
PRUEBA 2 Octubre 15 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,22	1979,84	0	0,165	1484,88	25	0,172	1547,875	21,81818	0,168	1511,877	23,63636	0,171	1538,875	22,27273
Réplica	0,223	2006,837	0	0,167	1502,878	25,11211	0,166	1493,879	25,56054	0,17	1529,876	23,76682	0,169	1520,877	24,21525
PRUEBA 3 Octubre 16 de 2003															
	Abs. Ini.	U.C. Ini.	% Remoc.	Abs. 20'	U.C. 20'	% Remoc.	Abs. 40'	U.C. 40'	% Remoc.	Abs. 60'	U.C. 60'	% Remoc.	Abs. 80'	U.C. 80'	% Remoc.
	0,212	1907,845	0	0,157	1412,885	25,9434	0,162	1457,882	23,58491	0,16	1439,883	24,5283	0,162	1457,882	23,58491
Réplica	0,209	1880,848	0	0,159	1430,884	23,92344	0,16	1439,883	23,44498	0,162	1457,882	22,48804	0,162	1457,882	22,48804

Se comparó el olor del lixiviado oxidado al minuto 80 con 6 diluciones con agua destilada y lixiviados (Ver Metodología), cada número en las siguientes tablas equivale a que el lixiviado oxidado presento olor semejante a las siguientes diluciones:

6 : 100 % Lixiviados

5 : 80 % Lixiviado y 20 % Agua destilada

4 : 60 % Lixiviado y 40 % Agua destilada

3 : 40 % Lixiviado y 60 % Agua destilada

2 : 20 % Lixiviado y 20 % Agua destilada

1 : 100 % Agua destilada

**Tabla A.22. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO CRUDO REMOCIÓN DE OLOR (CUALITATIVA)**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

500 mg/l			
PRUEBA 1 Septiembre 23 de 2003			
	Olor 80'		
	5		
PRUEBA 2 Octubre 6 de 2003			
	Olor 80'		
	4		
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003			
	Olor 80'		
	5		

950 mg/l			
PRUEBA 1 Septiembre 23 de 2003			
	Olor 80'		
	5		
PRUEBA 2 Octubre 6 de 2003			
	Olor 80'		
	4		
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003			
	Olor 80'		
	5		
1750 mg/l			
PRUEBA 1 Septiembre 24 de 2003			
	Olor 80'		
	4		
PRUEBA 2 Octubre 7 de 2003			
	Olor 80'		
	4		
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003			
	Olor 80'		
	4		

**Tabla A.23. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO CRUDO REMOCIÓN DE OLOR (CUALITATIVA)**

Oxidante: **Ozono**

9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 9 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 2 Septiembre 15 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 3 Octubre 3 de 2003		
	Olor 80'	
	5	

**Tabla A.24. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO CRUDO REMOCIÓN DE OLOR (CUALITATIVA)**

Oxidante: **Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

500 mg/l - 9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Octubre 7 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003		
	Olor 80'	
	5	

PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
950 mg/l - 9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Octubre 8 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
1750 ml - 9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Octubre 8 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 2 Octubre 15 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 3 Octubre 22 de 2003		
	Olor 80'	
	4	

**Tabla A.25. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE (FAFA)**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

500 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 22 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 2 Octubre 7 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
950 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 22 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 2 Octubre 7 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 3 Octubre 22 de 2003		
	Olor 80'	
	4	



1750 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 24 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 2 Octubre 9 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 3 Octubre 27 de 2003		
	Olor 80'	
	5	

**Tabla A.26. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE (FAFA)**

Oxidante: **Ozono**

9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 22 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 2 Septiembre 25 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 3 Septiembre 16 de 2003		
	Olor 80'	
	5	

**Tabla A.27. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO BIOLÓGICAMENTE (FAFA)**

Oxidante: **Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

500 mg/l - 9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Octubre 2 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 3 Octubre 22 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
950 mg/l - 9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Octubre 2 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003		
	Olor 80'	
	5	

1750 mg/l - 9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Octubre 2 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003		
	Olor 80'	
	5	

**Tabla A.28. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO POR COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN**

Oxidante: **Peróxido de Hidrógeno**

500 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 25 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 2 Octubre 9 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 3 Octubre 15 de 2003		
	Olor 80'	
	4	

950 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 26 de 2003		
	Olor 80'	
	5	
PRUEBA 2 Octubre 7 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 3 Octubre 15 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
1750 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 26 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 2 Octubre 9 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 3 Octubre 15 de 2003		
	Olor 80'	
	4	

**Tabla A.29. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO POR COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN**

Oxidante: **Ozono**

9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 16 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 2 Octubre 2 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 3 Octubre 16 de 2003		
	Olor 80'	
	4	

**Tabla A.30. DATOS DE OXIDACIÓN PARA LIXIVIADO PREVIAMENTE TRATADO POR COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN**

Oxidante: **Ozono y Peróxido de Hidrógeno**

500 mg/l - 9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 29 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003		
	Olor 80'	
	4	

PRUEBA 3 Octubre 15 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
950 mg/l - 9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 29 de 2003		
	Olor 80'	
	3	
PRUEBA 2 Octubre 14 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
PRUEBA 3 Octubre 24 de 2003		
	Olor 80'	
	4	
1750 mg/l - 9,3 mg/l		
PRUEBA 1 Septiembre 30 de 2003		
	Olor 80'	
	3	
PRUEBA 2 Octubre 15 de 2003		
	Olor 80'	
	3	
PRUEBA 3 Octubre 16 de 2003		
	Olor 80'	
	3	

**ANEXO B**  
**DISEÑO PARA LAS PRUEBAS DE OXIDACIÓN STATGRAPHICS**  
**versión 4.0**

## DISEÑO PARA LAS PRUEBAS DE OXIDACIÓN

Prueba de Oxidación con Peróxido de Hidrógeno para Lixiviados crudos.

PRUEBA	Dosis de Peróxido	%Rem. Color min. 20	%Rem. Color min. 40	%Rem. Color min. 60	%Rem. Color min. 80	Olor min. 80
1	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
2	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
3	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					

Prueba de Oxidación con Ozono para lixiviados crudos.

PRUEBA	Dosis de Ozono	%Rem. Color min. 20	%Rem. Color min. 40	%Rem. Color min. 60	%Rem. Color min. 80	Olor min. 80
1	9,3 mg/l					
Réplica	9,3 mg/l					
2	9,3mg/l					
Réplica	9,3mg/l					
3	9,3mg/l					
Réplica	9,3mg/l					



Prueba de Oxidación con la mezcla de Peróxido de Hidrógeno y Ozono para lixiviados crudos.

PRUEBA	Dosis de Ozono	Dosis de Peróxido	%Rem. Color min. 20	%Rem. Color min. 40	%Rem. Color min. 60	%Rem. Color min. 80	Olor min. 80
1	9,3 mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	9,3mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
2	9,3mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	9,3 mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
3	9,3mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	9,3 mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					

Prueba de Oxidación con Peróxido de Hidrógeno para lixiviados después de un tratamiento biológico.

PRUEBA	Dosis de Peróxido	%Rem. Color min. 20	%Rem. Color min. 40	%Rem. Color min. 60	%Rem. Color min. 80	Olor min. 80
1	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
2	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					

3	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l
Réplica	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l

Prueba de Oxidación con Ozono para lixiviados después de un tratamiento biológico.

PRUEBA	Dosis de Ozono	%Rem. Color min. 20	%Rem. Color min. 40	%Rem. Color min. 60	%Rem. Color min. 80	Olor min. 80
1	9,3 mg/l					
Réplica	9,3 mg/l					
2	9,3mg/l					
Réplica	9,3mg/l					
3	9,3mg/l					
Réplica	9,3mg/l					

Prueba de Oxidación con la mezcla de Peróxido de Hidrógeno y Ozono para lixiviados después de un tratamiento biológico.

PRUEBA	Dosis de Ozono	Dosis de Peróxido	%Rem. Color min. 20	%Rem. Color min. 40	%Rem. Color min. 60	%Rem. Color min. 80	Olor min. 80
1	9,3 mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	9,3mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
2	9,3mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	9,3 mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					

3	9,3mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	9,3 mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					

Prueba de Oxidación con Peróxido de Hidrógeno para lixiviados después de un tratamiento físico.

PRUEBA	Dosis de Peróxido	%Rem. Color min. 20	%Rem. Color min. 40	%Rem. Color min. 60	%Rem. Color min. 80	Olor min. 80
1	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
2	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
3	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					

Prueba de Oxidación con Ozono para lixiviados después de un tratamiento físico.

PRUEBA	Dosis de Ozono	%Rem. Color min. 20	%Rem. Color min. 40	%Rem. Color min. 60	%Rem. Color min. 80	Olor min. 80
1	9,3 mg/l					
Réplica	9,3 mg/l					
2	9,3mg/l					
Réplica	9,3mg/l					
3	9,3mg/l					
Réplica	9,3mg/l					

Prueba de Oxidación con la mezcla de Peróxido de Hidrógeno y Ozono para lixiviados después de un tratamiento físico.

PRUEBA	Dosis de Ozono	Dosis de Peróxido	%Rem. Color min. 20	%Rem. Color min. 40	%Rem. Color min. 60	%Rem. Color min. 80	Olor min. 80
1	9,3 mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	9,3mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
2	9,3mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	9,3 mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
3	9,3mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					
Réplica	9,3 mg/l	500 mg/l 950 mg/l 1750mg/l					

**Tabla b.1.** Diseño experimental para las pruebas de oxidación (STATGRAPHICS versión 4,0)

Pruebas	Tipo Lix.	Conc H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mg/l)	Conc. O <sub>3</sub> (mg/l)	Tiempo (minutos)	% Remoción Color
Prueba 1	Crudo	0	0	20	0
Prueba 1	Biológico	0	0	20	0
Prueba 1	Coag - Floc	0	0	20	0
Prueba 1	Crudo	500	0	20	2,53
Prueba 1	Biológico	500	0	20	-0,66
Prueba 1	Coag - Floc	500	0	20	3,73
Prueba 1	Crudo	950	0	20	4,33
Prueba 1	Biológico	950	0	20	8,50
Prueba 1	Coag - Floc	950	0	20	28,05
Prueba 1	Crudo	1750	0	20	3,61
Prueba 1	Biológico	1750	0	20	13,07
Prueba 1	Coag - Floc	1750	0	20	8,57
Prueba 1	Crudo	0	9,3	20	2,00
Prueba 1	Biológico	0	9,3	20	-1,86
Prueba 1	Coag - Floc	0	9,3	20	2,31
Prueba 1	Crudo	500	9,3	20	-1,13
Prueba 1	Biológico	500	9,3	20	3,51
Prueba 1	Coag - Floc	500	9,3	20	15,34
Prueba 1	Crudo	950	9,3	20	9,50
Prueba 1	Biológico	950	9,3	20	18,42
Prueba 1	Coag - Floc	950	9,3	20	8,36
Prueba 1	Crudo	1750	9,3	20	6,98
Prueba 1	Biológico	1750	9,3	20	24,56
Prueba 1	Coag - Floc	1750	9,3	20	24,24
Prueba 1	Crudo	0	0	40	0
Prueba 1	Biológico	0	0	40	0
Prueba 1	Coag - Floc	0	0	40	0
Prueba 1	Crudo	500	0	40	2,17
Prueba 1	Biológico	500	0	40	7,95
Prueba 1	Coag - Floc	500	0	40	6,64
Prueba 1	Crudo	950	0	40	3,25
Prueba 1	Biológico	950	0	40	12,42
Prueba 1	Coag - Floc	950	0	40	8,94
Prueba 1	Crudo	1750	0	40	4,33
Prueba 1	Biológico	1750	0	40	14,38
Prueba 1	Coag - Floc	1750	0	40	9,98
Prueba 1	Crudo	0	9,3	40	0,22
Prueba 1	Biológico	0	9,3	40	-1,24
Prueba 1	Coag - Floc	0	9,3	40	1,54
Prueba 1	Crudo	500	9,3	40	1,41
Prueba 1	Biológico	500	9,3	40	6,14
Prueba 1	Coag - Floc	500	9,3	40	5,63
Prueba 1	Crudo	950	9,3	40	7,26
Prueba 1	Biológico	950	9,3	40	16,23

Prueba 1	Coag - Floc	950	9,3	40	12,54
Prueba 1	Crudo	1750	9,3	40	8,94
Prueba 1	Biológico	1750	9,3	40	23,68
Prueba 1	Coag - Floc	1750	9,3	40	21,82
Prueba 1	Crudo	0	0	60	0
Prueba 1	Biológico	0	0	60	0
Prueba 1	Coag - Floc	0	0	60	0
Prueba 1	Crudo	500	0	60	1,81
Prueba 1	Biológico	500	0	60	10,60
Prueba 1	Coag - Floc	500	0	60	21,16
Prueba 1	Crudo	950	0	60	2,89
Prueba 1	Biológico	950	0	60	13,73
Prueba 1	Coag - Floc	950	0	60	7,72
Prueba 1	Crudo	1750	0	60	17,33
Prueba 1	Biológico	1750	0	60	16,34
Prueba 1	Coag - Floc	1750	0	60	9,39
Prueba 1	Crudo	0	9,3	60	0
Prueba 1	Biológico	0	9,3	60	13,04
Prueba 1	Coag - Floc	0	9,3	60	6,43
Prueba 1	Crudo	500	9,3	60	3,95
Prueba 1	Biológico	500	9,3	60	8,33
Prueba 1	Coag - Floc	500	9,3	60	5,83
Prueba 1	Crudo	950	9,3	60	8,10
Prueba 1	Biológico	950	9,3	60	15,35
Prueba 1	Coag - Floc	950	9,3	60	12,54
Prueba 1	Crudo	1750	9,3	60	11,17
Prueba 1	Biológico	1750	9,3	60	23,25
Prueba 1	Coag - Floc	1750	9,3	60	22,73
Prueba 1	Crudo	0	0	80	0
Prueba 1	Biológico	0	0	80	0
Prueba 1	Coag - Floc	0	0	80	0
Prueba 1	Crudo	500	0	80	1,81
Prueba 1	Biológico	500	0	80	11,26
Prueba 1	Coag - Floc	500	0	80	4,56
Prueba 1	Crudo	950	0	80	4,33
Prueba 1	Biológico	950	0	80	15,69
Prueba 1	Coag - Floc	950	0	80	8,13
Prueba 1	Crudo	1750	0	80	6,86
Prueba 1	Biológico	1750	0	80	15,69
Prueba 1	Coag - Floc	1750	0	80	8,57
Prueba 1	Crudo	0	9,3	80	4,68
Prueba 1	Biológico	0	9,3	80	8,70
Prueba 1	Coag - Floc	0	9,3	80	4,11
Prueba 1	Crudo	500	9,3	80	6,78
Prueba 1	Biológico	500	9,3	80	9,65
Prueba 1	Coag - Floc	500	9,3	80	5,05
Prueba 1	Crudo	950	9,3	80	7,54
Prueba 1	Biológico	950	9,3	80	13,60
Prueba 1	Coag - Floc	950	9,3	80	12,89
Prueba 1	Crudo	1750	9,3	80	15,08
Prueba 1	Biológico	1750	9,3	80	22,81

Prueba 1	Coag - Floc	1750	9,3	80	22,73
Prue 1 Rép	Crudo	0	0	20	0
Prue 1 Rép	Biológico	0	0	20	0
Prue 1 Rép	Coag - Floc	0	0	20	0
Prue 1 Rép	Crudo	500	0	20	1,76
Prue 1 Rép	Biológico	500	0	20	-1,36
Prue 1 Rép	Coag - Floc	500	0	20	6,53
Prue 1 Rép	Crudo	950	0	20	4,93
Prue 1 Rép	Biológico	950	0	20	11,92
Prue 1 Rép	Coag - Floc	950	0	20	10,44
Prue 1 Rép	Crudo	1750	0	20	3,52
Prue 1 Rép	Biológico	1750	0	20	9,21
Prue 1 Rép	Coag - Floc	1750	0	20	9,02
Prue 1 Rép	Crudo	0	9,3	20	1,55
Prue 1 Rép	Biológico	0	9,3	20	1,83
Prue 1 Rép	Coag - Floc	0	9,3	20	11,33
Prue 1 Rép	Crudo	500	9,3	20	0,84
Prue 1 Rép	Biológico	500	9,3	20	3,91
Prue 1 Rép	Coag - Floc	500	9,3	20	4,03
Prue 1 Rép	Crudo	950	9,3	20	8,68
Prue 1 Rép	Biológico	950	9,3	20	20,43
Prue 1 Rép	Coag - Floc	950	9,3	20	6,23
Prue 1 Rép	Crudo	1750	9,3	20	7,26
Prue 1 Rép	Biológico	1750	9,3	20	24,89
Prue 1 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	20	25,62
Prue 1 Rép	Crudo	0	0	40	0
Prue 1 Rép	Biológico	0	0	40	0
Prue 1 Rép	Coag - Floc	0	0	40	0
Prue 1 Rép	Crudo	500	0	40	3,52
Prue 1 Rép	Biológico	500	0	40	-3,40
Prue 1 Rép	Coag - Floc	500	0	40	6,53
Prue 1 Rép	Crudo	950	0	40	4,58
Prue 1 Rép	Biológico	950	0	40	16,56
Prue 1 Rép	Coag - Floc	950	0	40	11,24
Prue 1 Rép	Crudo	1750	0	40	7,39
Prue 1 Rép	Biológico	1750	0	40	11,18
Prue 1 Rép	Coag - Floc	1750	0	40	10,25
Prue 1 Rép	Crudo	0	9,3	40	8,19
Prue 1 Rép	Biológico	0	9,3	40	8,54
Prue 1 Rép	Coag - Floc	0	9,3	40	-5,25
Prue 1 Rép	Crudo	500	9,3	40	3,07
Prue 1 Rép	Biológico	500	9,3	40	6,52
Prue 1 Rép	Coag - Floc	500	9,3	40	3,23
Prue 1 Rép	Crudo	950	9,3	40	7,84
Prue 1 Rép	Biológico	950	9,3	40	16,96
Prue 1 Rép	Coag - Floc	950	9,3	40	12,46
Prue 1 Rép	Crudo	1750	9,3	40	10,34
Prue 1 Rép	Biológico	1750	9,3	40	23,56
Prue 1 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	40	23,65
Prue 1 Rép	Crudo	0	0	60	0
Prue 1 Rép	Biológico	0	0	60	0

Prue 1 Rép	Coag - Floc	0	0	60	0
Prue 1 Rép	Crudo	500	0	60	3,87
Prue 1 Rép	Biológico	500	0	60	8,16
Prue 1 Rép	Coag - Floc	500	0	60	6,94
Prue 1 Rép	Crudo	950	0	60	5,28
Prue 1 Rép	Biológico	950	0	60	11,92
Prue 1 Rép	Coag - Floc	950	0	60	8,43
Prue 1 Rép	Crudo	1750	0	60	8,45
Prue 1 Rép	Biológico	1750	0	60	13,82
Prue 1 Rép	Coag - Floc	1750	0	60	9,02
Prue 1 Rép	Crudo	0	9,3	60	1,11
Prue 1 Rép	Biológico	0	9,3	60	3,66
Prue 1 Rép	Coag - Floc	0	9,3	60	3,04
Prue 1 Rép	Crudo	500	9,3	60	5,31
Prue 1 Rép	Biológico	500	9,3	60	10,00
Prue 1 Rép	Coag - Floc	500	9,3	60	3,23
Prue 1 Rép	Crudo	950	9,3	60	5,04
Prue 1 Rép	Biológico	950	9,3	60	17,83
Prue 1 Rép	Coag - Floc	950	9,3	60	13,49
Prue 1 Rép	Crudo	1750	9,3	60	10,89
Prue 1 Rép	Biológico	1750	9,3	60	23,25
Prue 1 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	60	22,73
Prue 1 Rép	Crudo	0	0	80	0
Prue 1 Rép	Biológico	0	0	80	0
Prue 1 Rép	Coag - Floc	0	0	80	0
Prue 1 Rép	Crudo	500	0	80	3,87
Prue 1 Rép	Biológico	500	0	80	10,88
Prue 1 Rép	Coag - Floc	500	0	80	6,94
Prue 1 Rép	Crudo	950	0	80	5,99
Prue 1 Rép	Biológico	950	0	80	13,91
Prue 1 Rép	Coag - Floc	950	0	80	8,03
Prue 1 Rép	Crudo	1750	0	80	8,80
Prue 1 Rép	Biológico	1750	0	80	17,11
Prue 1 Rép	Coag - Floc	1750	0	80	7,38
Prue 1 Rép	Crudo	0	9,3	80	3,76
Prue 1 Rép	Biológico	0	9,3	80	12,20
Prue 1 Rép	Coag - Floc	0	9,3	80	5,80
Prue 1 Rép	Crudo	500	9,3	80	7,54
Prue 1 Rép	Biológico	500	9,3	80	10,87
Prue 1 Rép	Coag - Floc	500	9,3	80	1,41
Prue 1 Rép	Crudo	950	9,3	80	11,20
Prue 1 Rép	Biológico	950	9,3	80	14,78
Prue 1 Rép	Coag - Floc	950	9,3	80	13,49
Prue 1 Rép	Crudo	1750	9,3	80	16,48
Prue 1 Rép	Biológico	1750	9,3	80	22,67
Prue 1 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	80	23,15
Prueba 2	Crudo	0	0	20	0
Prueba 2	Biológico	0	0	20	0
Prueba 2	Coag - Floc	0	0	20	0
Prueba 2	Crudo	500	0	20	0,84
Prueba 2	Biológico	500	0	20	3,09



Prueba 2	Coag - Floc	500	0	20	-54,33
Prueba 2	Crudo	950	0	20	7,34
Prueba 2	Biológico	950	0	20	6,19
Prueba 2	Coag - Floc	950	0	20	6,67
Prueba 2	Crudo	1750	0	20	12,85
Prueba 2	Biológico	1750	0	20	0,54
Prueba 2	Coag - Floc	1750	0	20	8,57
Prueba 2	Crudo	0	9,3	20	-19,21
Prueba 2	Biológico	0	9,3	20	13,66
Prueba 2	Coag - Floc	0	9,3	20	11,87
Prueba 2	Crudo	500	9,3	20	3,63
Prueba 2	Biológico	500	9,3	20	3,51
Prueba 2	Coag - Floc	500	9,3	20	-13,96
Prueba 2	Crudo	950	9,3	20	9,50
Prueba 2	Biológico	950	9,3	20	11,40
Prueba 2	Coag - Floc	950	9,3	20	15,84
Prueba 2	Crudo	1750	9,3	20	13,41
Prueba 2	Biológico	1750	9,3	20	16,67
Prueba 2	Coag - Floc	1750	9,3	20	25,00
Prueba 2	Crudo	0	0	40	0
Prueba 2	Biológico	0	0	40	0
Prueba 2	Coag - Floc	0	0	40	0
Prueba 2	Crudo	500	0	40	0,84
Prueba 2	Biológico	500	0	40	-21,13
Prueba 2	Coag - Floc	500	0	40	44,88
Prueba 2	Crudo	950	0	40	6,42
Prueba 2	Biológico	950	0	40	9,79
Prueba 2	Coag - Floc	950	0	40	20,00
Prueba 2	Crudo	1750	0	40	7,82
Prueba 2	Biológico	1750	0	40	8,11
Prueba 2	Coag - Floc	1750	0	40	9,16
Prueba 2	Crudo	0	9,3	40	-7,18
Prueba 2	Biológico	0	9,3	40	4,35
Prueba 2	Coag - Floc	0	9,3	40	6,31
Prueba 2	Crudo	500	9,3	40	11,17
Prueba 2	Biológico	500	9,3	40	8,33
Prueba 2	Coag - Floc	500	9,3	40	-11,26
Prueba 2	Crudo	950	9,3	40	7,82
Prueba 2	Biológico	950	9,3	40	16,23
Prueba 2	Coag - Floc	950	9,3	40	11,22
Prueba 2	Crudo	1750	9,3	40	12,01
Prueba 2	Biológico	1750	9,3	40	20,61
Prueba 2	Coag - Floc	1750	9,3	40	21,82
Prueba 2	Crudo	0	0	60	0
Prueba 2	Biológico	0	0	60	0
Prueba 2	Coag - Floc	0	0	60	0
Prueba 2	Crudo	500	0	60	5,03
Prueba 2	Biológico	500	0	60	15,98
Prueba 2	Coag - Floc	500	0	60	39,37
Prueba 2	Crudo	950	0	60	7,65
Prueba 2	Biológico	950	0	60	13,92

Prueba 2	Coag - Floc	950	0	60	24,00
Prueba 2	Crudo	1750	0	60	5,03
Prueba 2	Biológico	1750	0	60	10,27
Prueba 2	Coag - Floc	1750	0	60	9,16
Prueba 2	Crudo	0	9,3	60	-9,95
Prueba 2	Biológico	0	9,3	60	4,35
Prueba 2	Coag - Floc	0	9,3	60	3,28
Prueba 2	Crudo	500	9,3	60	2,23
Prueba 2	Biológico	500	9,3	60	7,89
Prueba 2	Coag - Floc	500	9,3	60	-11,26
Prueba 2	Crudo	950	9,3	60	6,42
Prueba 2	Biológico	950	9,3	60	16,67
Prueba 2	Coag - Floc	950	9,3	60	11,88
Prueba 2	Crudo	1750	9,3	60	15,64
Prueba 2	Biológico	1750	9,3	60	21,49
Prueba 2	Coag - Floc	1750	9,3	60	23,64
Prueba 2	Crudo	0	0	80	0
Prueba 2	Biológico	0	0	80	0
Prueba 2	Coag - Floc	0	0	80	0
Prueba 2	Crudo	500	0	80	7,82
Prueba 2	Biológico	500	0	80	11,34
Prueba 2	Coag - Floc	500	0	80	-77,95
Prueba 2	Crudo	950	0	80	4,33
Prueba 2	Biológico	950	0	80	14,95
Prueba 2	Coag - Floc	950	0	80	22,67
Prueba 2	Crudo	1750	0	80	6,42
Prueba 2	Biológico	1750	0	80	16,22
Prueba 2	Coag - Floc	1750	0	80	8,40
Prueba 2	Crudo	0	9,3	80	-14,82
Prueba 2	Biológico	0	9,3	80	6,21
Prueba 2	Coag - Floc	0	9,3	80	3,79
Prueba 2	Crudo	500	9,3	80	3,91
Prueba 2	Biológico	500	9,3	80	8,77
Prueba 2	Coag - Floc	500	9,3	80	-12,16
Prueba 2	Crudo	950	9,3	80	5,03
Prueba 2	Biológico	950	9,3	80	16,67
Prueba 2	Coag - Floc	950	9,3	80	12,21
Prueba 2	Crudo	1750	9,3	80	15,08
Prueba 2	Biológico	1750	9,3	80	21,49
Prueba 2	Coag - Floc	1750	9,3	80	22,27
Prue 2 Rép	Crudo	0	0	20	0
Prue 2 Rép	Biológico	0	0	20	0
Prue 2 Rép	Coag - Floc	0	0	20	0
Prue 2 Rép	Crudo	500	0	20	1,96
Prue 2 Rép	Biológico	500	0	20	2,12
Prue 2 Rép	Coag - Floc	500	0	20	-69,11
Prue 2 Rép	Crudo	950	0	20	5,78
Prue 2 Rép	Biológico	950	0	20	3,68
Prue 2 Rép	Coag - Floc	950	0	20	2,86
Prue 2 Rép	Crudo	1750	0	20	12,01
Prue 2 Rép	Biológico	1750	0	20	2,66

Prue 2 Rép	Coag - Floc	1750	0	20	4,55
Prue 2 Rép	Crudo	0	9,3	20	-5,03
Prue 2 Rép	Biológico	0	9,3	20	10,98
Prue 2 Rép	Coag - Floc	0	9,3	20	1,48
Prue 2 Rép	Crudo	500	9,3	20	0,84
Prue 2 Rép	Biológico	500	9,3	20	3,91
Prue 2 Rép	Coag - Floc	500	9,3	20	4,03
Prue 2 Rép	Crudo	950	9,3	20	6,42
Prue 2 Rép	Biológico	950	9,3	20	8,41
Prue 2 Rép	Coag - Floc	950	9,3	20	5,03
Prue 2 Rép	Crudo	1750	9,3	20	7,82
Prue 2 Rép	Biológico	1750	9,3	20	19,57
Prue 2 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	20	25,11
Prue 2 Rép	Crudo	0	0	40	0
Prue 2 Rép	Biológico	0	0	40	0
Prue 2 Rép	Coag - Floc	0	0	40	0
Prue 2 Rép	Crudo	500	0	40	3,07
Prue 2 Rép	Biológico	500	0	40	10,05
Prue 2 Rép	Coag - Floc	500	0	40	18,70
Prue 2 Rép	Crudo	950	0	40	7,29
Prue 2 Rép	Biológico	950	0	40	6,32
Prue 2 Rép	Coag - Floc	950	0	40	0
Prue 2 Rép	Crudo	1750	0	40	7,82
Prue 2 Rép	Biológico	1750	0	40	19,15
Prue 2 Rép	Coag - Floc	1750	0	40	10,61
Prue 2 Rép	Crudo	0	9,3	40	-3,50
Prue 2 Rép	Biológico	0	9,3	40	5,49
Prue 2 Rép	Coag - Floc	0	9,3	40	4,19
Prue 2 Rép	Crudo	500	9,3	40	1,12
Prue 2 Rép	Biológico	500	9,3	40	8,70
Prue 2 Rép	Coag - Floc	500	9,3	40	-13,95
Prue 2 Rép	Crudo	950	9,3	40	23,18
Prue 2 Rép	Biológico	950	9,3	40	16,37
Prue 2 Rép	Coag - Floc	950	9,3	40	9,40
Prue 2 Rép	Crudo	1750	9,3	40	12,85
Prue 2 Rép	Biológico	1750	9,3	40	20,87
Prue 2 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	40	25,56
Prue 2 Rép	Crudo	0	0	60	0
Prue 2 Rép	Biológico	0	0	60	0
Prue 2 Rép	Coag - Floc	0	0	60	0
Prue 2 Rép	Crudo	500	0	60	6,98
Prue 2 Rép	Biológico	500	0	60	12,70
Prue 2 Rép	Coag - Floc	500	0	60	50,41
Prue 2 Rép	Crudo	950	0	60	9,12
Prue 2 Rép	Biológico	950	0	60	12,11
Prue 2 Rép	Coag - Floc	950	0	60	10,00
Prue 2 Rép	Crudo	1750	0	60	5,03
Prue 2 Rép	Biológico	1750	0	60	12,23
Prue 2 Rép	Coag - Floc	1750	0	60	10,61
Prue 2 Rép	Crudo	0	9,3	60	-0,88
Prue 2 Rép	Biológico	0	9,3	60	6,71

Prue 2 Rép	Coag - Floc	0	9,3	60	2,71
Prue 2 Rép	Crudo	500	9,3	60	2,79
Prue 2 Rép	Biológico	500	9,3	60	9,57
Prue 2 Rép	Coag - Floc	500	9,3	60	-13,49
Prue 2 Rép	Crudo	950	9,3	60	6,98
Prue 2 Rép	Biológico	950	9,3	60	16,37
Prue 2 Rép	Coag - Floc	950	9,3	60	10,07
Prue 2 Rép	Crudo	1750	9,3	60	16,48
Prue 2 Rép	Biológico	1750	9,3	60	22,17
Prue 2 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	60	23,77
Prue 2 Rép	Crudo	0	0	80	0
Prue 2 Rép	Biológico	0	0	80	0
Prue 2 Rép	Coag - Floc	0	0	80	0
Prue 2 Rép	Crudo	500	0	80	7,54
Prue 2 Rép	Biológico	500	0	80	12,70
Prue 2 Rép	Coag - Floc	500	0	80	-34,15
Prue 2 Rép	Crudo	950	0	80	6,08
Prue 2 Rép	Biológico	950	0	80	14,21
Prue 2 Rép	Coag - Floc	950	0	80	15,71
Prue 2 Rép	Crudo	1750	0	80	6,70
Prue 2 Rép	Biológico	1750	0	80	16,49
Prue 2 Rép	Coag - Floc	1750	0	80	9,85
Prue 2 Rép	Crudo	0	9,3	80	-1,75
Prue 2 Rép	Biológico	0	9,3	80	6,10
Prue 2 Rép	Coag - Floc	0	9,3	80	6,65
Prue 2 Rép	Crudo	500	9,3	80	2,79
Prue 2 Rép	Biológico	500	9,3	80	10,00
Prue 2 Rép	Coag - Floc	500	9,3	80	-14,42
Prue 2 Rép	Crudo	950	9,3	80	5,03
Prue 2 Rép	Biológico	950	9,3	80	15,93
Prue 2 Rép	Coag - Floc	950	9,3	80	10,74
Prue 2 Rép	Crudo	1750	9,3	80	16,20
Prue 2 Rép	Biológico	1750	9,3	80	21,30
Prue 2 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	80	24,22
Prueba 3	Crudo	0	0	20	0
Prueba 3	Biológico	0	0	20	0
Prueba 3	Coag - Floc	0	0	20	0
Prueba 3	Crudo	500	0	20	12,58
Prueba 3	Biológico	500	0	20	-9,72
Prueba 3	Coag - Floc	500	0	20	2,78
Prueba 3	Crudo	950	0	20	-2,52
Prueba 3	Biológico	950	0	20	-2,55
Prueba 3	Coag - Floc	950	0	20	4,14
Prueba 3	Crudo	1750	0	20	0,63
Prueba 3	Biológico	1750	0	20	7,19
Prueba 3	Coag - Floc	1750	0	20	-4,94
Prueba 3	Crudo	0	9,3	20	-1,27
Prueba 3	Biológico	0	9,3	20	4,91
Prueba 3	Coag - Floc	0	9,3	20	8,29
Prueba 3	Crudo	500	9,3	20	-0,28
Prueba 3	Biológico	500	9,3	20	11,48

Prueba 3	Coag - Floc	500	9,3	20	6,52
Prueba 3	Crudo	950	9,3	20	7,87
Prueba 3	Biológico	950	9,3	20	9,13
Prueba 3	Coag - Floc	950	9,3	20	4,43
Prueba 3	Crudo	1750	9,3	20	6,42
Prueba 3	Biológico	1750	9,3	20	7,92
Prueba 3	Coag - Floc	1750	9,3	20	25,94
Prueba 3	Crudo	0	0	40	0
Prueba 3	Biológico	0	0	40	0
Prueba 3	Coag - Floc	0	0	40	0
Prueba 3	Crudo	500	0	40	10,32
Prueba 3	Biológico	500	0	40	-2,08
Prueba 3	Coag - Floc	500	0	40	8,94
Prueba 3	Crudo	950	0	40	-6,94
Prueba 3	Biológico	950	0	40	1,91
Prueba 3	Coag - Floc	950	0	40	7,10
Prueba 3	Crudo	1750	0	40	3,15
Prueba 3	Biológico	1750	0	40	10,78
Prueba 3	Coag - Floc	1750	0	40	4,32
Prueba 3	Crudo	0	9,3	40	1,02
Prueba 3	Biológico	0	9,3	40	6,75
Prueba 3	Coag - Floc	0	9,3	40	3,02
Prueba 3	Crudo	500	9,3	40	3,35
Prueba 3	Biológico	500	9,3	40	9,63
Prueba 3	Coag - Floc	500	9,3	40	0,54
Prueba 3	Crudo	950	9,3	40	7,02
Prueba 3	Biológico	950	9,3	40	8,30
Prueba 3	Coag - Floc	950	9,3	40	10,33
Prueba 3	Crudo	1750	9,3	40	1,96
Prueba 3	Biológico	1750	9,3	40	13,75
Prueba 3	Coag - Floc	1750	9,3	40	23,58
Prueba 3	Crudo	0	0	60	0
Prueba 3	Biológico	0	0	60	0
Prueba 3	Coag - Floc	0	0	60	0
Prueba 3	Crudo	500	0	60	6,13
Prueba 3	Biológico	500	0	60	5,56
Prueba 3	Coag - Floc	500	0	60	6,67
Prueba 3	Crudo	950	0	60	-3,47
Prueba 3	Biológico	950	0	60	-1,91
Prueba 3	Coag - Floc	950	0	60	6,51
Prueba 3	Crudo	1750	0	60	5,68
Prueba 3	Biológico	1750	0	60	13,17
Prueba 3	Coag - Floc	1750	0	60	12,96
Prueba 3	Crudo	0	9,3	60	-2,79
Prueba 3	Biológico	0	9,3	60	11,66
Prueba 3	Coag - Floc	0	9,3	60	6,28
Prueba 3	Crudo	500	9,3	60	3,63
Prueba 3	Biológico	500	9,3	60	10,37
Prueba 3	Coag - Floc	500	9,3	60	0,54
Prueba 3	Crudo	950	9,3	60	6,18
Prueba 3	Biológico	950	9,3	60	9,13

Prueba 3	Coag - Floc	950	9,3	60	11,81
Prueba 3	Crudo	1750	9,3	60	3,07
Prueba 3	Biológico	1750	9,3	60	17,08
Prueba 3	Coag - Floc	1750	9,3	60	24,53
Prueba 3	Crudo	0	0	80	0
Prueba 3	Biológico	0	0	80	0
Prueba 3	Coag - Floc	0	0	80	0
Prueba 3	Crudo	500	0	80	2,26
Prueba 3	Biológico	500	0	80	8,33
Prueba 3	Coag - Floc	500	0	80	7,22
Prueba 3	Crudo	950	0	80	-1,58
Prueba 3	Biológico	950	0	80	-0,64
Prueba 3	Coag - Floc	950	0	80	8,28
Prueba 3	Crudo	1750	0	80	8,20
Prueba 3	Biológico	1750	0	80	16,17
Prueba 3	Coag - Floc	1750	0	80	13,58
Prueba 3	Crudo	0	9,3	80	2,03
Prueba 3	Biológico	0	9,3	80	12,88
Prueba 3	Coag - Floc	0	9,3	80	5,53
Prueba 3	Crudo	500	9,3	80	4,19
Prueba 3	Biológico	500	9,3	80	9,26
Prueba 3	Coag - Floc	500	9,3	80	-0,27
Prueba 3	Crudo	950	9,3	80	8,99
Prueba 3	Biológico	950	9,3	80	7,47
Prueba 3	Coag - Floc	950	9,3	80	13,28
Prueba 3	Crudo	1750	9,3	80	5,31
Prueba 3	Biológico	1750	9,3	80	20,83
Prueba 3	Coag - Floc	1750	9,3	80	23,58
Prue 3 Rép	Crudo	0	0	20	0
Prue 3 Rép	Biológico	0	0	20	0
Prue 3 Rép	Coag - Floc	0	0	20	0
Prue 3 Rép	Crudo	500	0	20	13,18
Prue 3 Rép	Biológico	500	0	20	-11,33
Prue 3 Rép	Coag - Floc	500	0	20	1,70
Prue 3 Rép	Crudo	950	0	20	-2,49
Prue 3 Rép	Biológico	950	0	20	4,24
Prue 3 Rép	Coag - Floc	950	0	20	6,98
Prue 3 Rép	Crudo	1750	0	20	1,27
Prue 3 Rép	Biológico	1750	0	20	6,06
Prue 3 Rép	Coag - Floc	1750	0	20	-9,55
Prue 3 Rép	Crudo	0	9,3	20	1,73
Prue 3 Rép	Biológico	0	9,3	20	11,11
Prue 3 Rép	Coag - Floc	0	9,3	20	8,61
Prue 3 Rép	Crudo	500	9,3	20	-0,56
Prue 3 Rép	Biológico	500	9,3	20	11,15
Prue 3 Rép	Coag - Floc	500	9,3	20	2,17
Prue 3 Rép	Crudo	950	9,3	20	7,82
Prue 3 Rép	Biológico	950	9,3	20	10,04
Prue 3 Rép	Coag - Floc	950	9,3	20	-3,36
Prue 3 Rép	Crudo	1750	9,3	20	5,31
Prue 3 Rép	Biológico	1750	9,3	20	7,44

Prue 3 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	20	23,92
Prue 3 Rép	Crudo	0	0	40	0
Prue 3 Rép	Biológico	0	0	40	0
Prue 3 Rép	Coag - Floc	0	0	40	0
Prue 3 Rép	Crudo	500	0	40	9,00
Prue 3 Rép	Biológico	500	0	40	0
Prue 3 Rép	Coag - Floc	500	0	40	5,11
Prue 3 Rép	Crudo	950	0	40	-9,35
Prue 3 Rép	Biológico	950	0	40	7,88
Prue 3 Rép	Coag - Floc	950	0	40	8,14
Prue 3 Rép	Crudo	1750	0	40	3,17
Prue 3 Rép	Biológico	1750	0	40	9,70
Prue 3 Rép	Coag - Floc	1750	0	40	-1,91
Prue 3 Rép	Crudo	0	9,3	40	4,20
Prue 3 Rép	Biológico	0	9,3	40	11,73
Prue 3 Rép	Coag - Floc	0	9,3	40	2,53
Prue 3 Rép	Crudo	500	9,3	40	2,51
Prue 3 Rép	Biológico	500	9,3	40	10,41
Prue 3 Rép	Coag - Floc	500	9,3	40	1,90
Prue 3 Rép	Crudo	950	9,3	40	8,38
Prue 3 Rép	Biológico	950	9,3	40	8,79
Prue 3 Rép	Coag - Floc	950	9,3	40	8,58
Prue 3 Rép	Crudo	1750	9,3	40	3,07
Prue 3 Rép	Biológico	1750	9,3	40	14,88
Prue 3 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	40	23,44
Prue 3 Rép	Crudo	0	0	60	0
Prue 3 Rép	Biológico	0	0	60	0
Prue 3 Rép	Coag - Floc	0	0	60	0
Prue 3 Rép	Crudo	500	0	60	4,50
Prue 3 Rép	Biológico	500	0	60	10,67
Prue 3 Rép	Coag - Floc	500	0	60	5,68
Prue 3 Rép	Crudo	950	0	60	-1,25
Prue 3 Rép	Biológico	950	0	60	3,03
Prue 3 Rép	Coag - Floc	950	0	60	8,72
Prue 3 Rép	Crudo	1750	0	60	4,76
Prue 3 Rép	Biológico	1750	0	60	14,55
Prue 3 Rép	Coag - Floc	1750	0	60	14,01
Prue 3 Rép	Crudo	0	9,3	60	-0,25
Prue 3 Rép	Biológico	0	9,3	60	11,73
Prue 3 Rép	Coag - Floc	0	9,3	60	5,32
Prue 3 Rép	Crudo	500	9,3	60	3,91
Prue 3 Rép	Biológico	500	9,3	60	10,41
Prue 3 Rép	Coag - Floc	500	9,3	60	1,90
Prue 3 Rép	Crudo	950	9,3	60	6,70
Prue 3 Rép	Biológico	950	9,3	60	11,30
Prue 3 Rép	Coag - Floc	950	9,3	60	11,19
Prue 3 Rép	Crudo	1750	9,3	60	2,79
Prue 3 Rép	Biológico	1750	9,3	60	17,77
Prue 3 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	60	22,49
Prue 3 Rép	Crudo	0	0	80	0
Prue 3 Rép	Biológico	0	0	80	0

Prue 3 Rép	Coag - Floc	0	0	80	0
Prue 3 Rép	Crudo	500	0	80	1,29
Prue 3 Rép	Biológico	500	0	80	12,67
Prue 3 Rép	Coag - Floc	500	0	80	5,11
Prue 3 Rép	Crudo	950	0	80	0,93
Prue 3 Rép	Biológico	950	0	80	4,24
Prue 3 Rép	Coag - Floc	950	0	80	10,47
Prue 3 Rép	Crudo	1750	0	80	7,94
Prue 3 Rép	Biológico	1750	0	80	16,97
Prue 3 Rép	Coag - Floc	1750	0	80	12,74
Prue 3 Rép	Crudo	0	9,3	80	1,23
Prue 3 Rép	Biológico	0	9,3	80	12,96
Prue 3 Rép	Coag - Floc	0	9,3	80	7,09
Prue 3 Rép	Crudo	500	9,3	80	4,19
Prue 3 Rép	Biológico	500	9,3	80	11,15
Prue 3 Rép	Coag - Floc	500	9,3	80	0,54
Prue 3 Rép	Crudo	950	9,3	80	7,82
Prue 3 Rép	Biológico	950	9,3	80	7,95
Prue 3 Rép	Coag - Floc	950	9,3	80	12,31
Prue 3 Rép	Crudo	1750	9,3	80	5,31
Prue 3 Rép	Biológico	1750	9,3	80	21,07
Prue 3 Rép	Coag - Floc	1750	9,3	80	22,44



**ANEXO C**  
**DATOS DE LAS GRÁFICAS DE LAS PRUEBAS DE OXIDACIÓN**

**Tabla c.1. % de Remoción de color en función del Tiempo**  
**Oxidación con 500 mg/l de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Tiempo (min)	Crud Prue1	Crud Prue2	Crud Prue3	Bio Prue1	Bio Prue2	Bio Pru3	Coa-Floc Pru1	Coa-Floc Pru2	Coa-Floc Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2,145	1,4	12,88	-1,01	2,605	-10,525	5,13	-61,715	2,24
40	2,845	1,955	9,66	2,275	-5,54	-1,04	6,585	31,79	5,335
60	2,84	6,005	5,315	9,38	14,34	8,115	14,05	44,885	6,175
80	2,84	7,68	1,775	11,07	12,02	10,5	5,75	-56,05	6,165

**Tabla c.2. % de Remoción de color en función del Tiempo**  
**Oxidación con 950 mg/l de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Tiempo (min)	Crud Prue1	Crud Prue2	Crud Prue3	Bio Prue1	Bio Prue2	Bio Pru3	Coa-Floc Pru1	Coa-Floc Pru2	Coa-Floc Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	4,63	6,56	-2,505	10,2	4,935	0,845	19,245	4,765	5,56
40	3,915	6,855	-8,145	14,49	8,055	4,895	10,09	10	7,62
60	4,085	8,385	-2,36	12,825	13,015	0,56	8,075	17	7,615
80	5,16	6,405	-0,325	14,8	14,58	1,8	8,08	19,19	9,37

**Tabla c.3. % de Remoción de color en función del Tiempo**  
**Oxidación con 1750 mg/l de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Tiempo (min)	Crud Prue1	Crud Prue2	Crud Prue3	Bio Prue1	Bio Prue2	Bio Pru3	Coa-Floc Pru1	Coa-Floc Pru2	Coa-Floc Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	3,565	12,43	0,95	11,14	1,6	6,625	8,795	4,565	-7,245
40	5,86	7,82	3,16	12,78	13,63	10,24	9,615	9,885	1,205
60	12,89	5,03	5,22	15,08	11,25	13,86	9,205	9,885	13,485
80	7,83	6,56	8,07	16,4	16,355	16,57	7,975	9,125	13,16

**Tabla c.4. % de Remoción de color en función del Tiempo**

**Oxidación con 9,3 mg/l de Ozono**

Tiempo (min)	Crud Prue1	Crud Prue2	Crud Prue3	Bio Prue1	Bio Prue2	Bio Pru3	Coa-Floc Pru1	Coa-Floc Pru2	Coa-Floc Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1,775	-12,12	0,23	-0,015	12,32	8,01	6,82	6,675	8,45
40	4,205	-5,34	2,61	3,65	4,92	9,24	-1,855	5,25	2,775
60	0,555	-5,415	-1,52	8,35	5,525	11,695	4,735	2,995	5,8
80	4,22	-8,28	1,63	10,45	6,155	12,92	4,955	5,22	6,31

**Tabla c.5. % de Remoción de color en función del Tiempo**

**Oxidación en combinación con 9,3 mg/l de Ozono y 500 mg/l de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Tiempo (min)	Crud Prue1	Crud Prue2	Crud Prue3	Bio Prue1	Bio Prue2	Bio Pru3	Coa-Floc Pru1	Coa-Floc Pru2	Coa-Floc Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	-0,145	2,93	-0,42	3,71	2,84	11,315	9,685	-14,42	4,345
40	2,24	6,145	2,93	6,33	8,515	10,02	4,43	-12,605	1,22
60	4,63	2,51	3,77	9,165	8,73	10,39	4,53	-12,375	1,22
80	7,16	3,35	4,19	10,26	9,385	10,205	3,23	-13,29	0,135

**Tabla c.6. % de Remoción de color en función del Tiempo**

**Oxidación en combinación con 9,3 mg/l de Ozono y 950 mg/l de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Tiempo (min)	Crud Prue1	Crud Prue2	Crud Prue3	Bio Prue1	Bio Prue2	Bio Pru3	Coa-Floc Pru1	Coa-Floc Pru2	Coa-Floc Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	9,09	6,84	7,845	19,425	9,905	9,585	7,295	10,435	0,535
40	7,55	15,5	7,7	16,595	16,3	8,545	12,5	10,31	9,455
60	6,57	6,7	6,44	16,59	16,52	10,215	13,015	10,975	11,5
80	9,37	5,03	8,405	14,19	16,3	7,71	13,19	11,475	12,795

**Tabla c.7. % de Remoción de color en función del Tiempo  
Oxidación en combinación con 9,3 mg/l de Ozono y 1750 mg/l de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Tiempo (min)	Crud Prue1	Crud Prue2	Crud Prue3	Bio Prue1	Bio Prue2	Bio Pru3	Coa-Floc Pru1	Coa-Floc Pru2	Coa-Floc Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	7,12	10,615	5,865	24,725	18,12	7,68	24,93	25,055	24,93
40	9,64	12,43	2,515	23,62	20,74	14,315	23,19	23,69	23,51
60	11,03	16,06	2,93	23,18	21,83	17,425	23,435	23,705	23,51
80	15,78	15,64	5,31	22,74	21,395	20,95	22,94	23,245	23,01

**Tabla c.8. % de Remoción de color en función del Tiempo para Lixiviados  
Crudos  
Oxidación con H<sub>2</sub>O**

Tiempo (min)	500 mg/l Pru1	500 mg/l Pru2	500 mg/l Pru3	950 mg/l Pru1	950 mg/l Pru2	950 mg/l Pru3	1750 mg/l Pru1	1750 mg/l Pru2	1750 mg/L Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2,145	1,4	12,88	4,63	6,56	-2,505	3,565	12,43	0,95
40	2,845	1,955	9,66	3,915	6,855	-8,145	5,86	7,82	3,16
60	2,84	6,005	5,315	4,085	8,385	-2,36	12,89	5,03	5,22
80	2,84	7,68	1,775	5,16	6,405	-0,325	7,83	6,56	8,07

**Tabla c.9. % de Remoción de color en función del Tiempo para Lixiviados  
Crudos  
Oxidación en combinación con 9,3 mg/l de Ozono y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Tiempo (min)	500 mg/l Pru1	500 mg/l Pru2	500 mg/l Pru3	950 mg/l Pru1	950 mg/l Pru2	950 mg/l Pru3	1750 mg/l Pru1	1750 mg/l Pru2	1750 mg/l Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	-0,145	2,93	-0,42	9,09	6,84	7,845	7,12	10,615	5,865
40	2,24	6,145	2,93	7,55	15,5	7,7	9,64	12,43	2,515
60	4,63	2,51	3,77	6,57	6,7	6,44	11,03	16,06	2,93
80	7,16	3,35	4,19	9,37	5,03	8,405	15,78	15,64	5,31

**Tabla c.10. % de Remoción de color en función del Tiempo para Lixiviados  
Tratados Biológicamente  
Oxidación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Tiempo (min)	500 mg/l Pru1	500 mg/l Pru2	500 mg/l Pru3	950 mg/l Pru1	950 mg/l Pru2	950 mg/l Pru3	1750 mg/l Pru1	1750 mg/l Pru2	1750 mg/l Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	-1,01	2,605	-10,525	10,2	4,935	0,845	11,14	1,6	6,625
40	2,275	-5,54	-1,04	14,49	8,055	4,895	12,78	13,63	10,24
60	9,38	14,34	8,115	12,825	13,015	0,56	15,08	11,25	13,86
80	11,07	12,02	10,5	14,8	14,58	1,8	16,4	16,355	16,57

**Tabla c.11. % de Remoción de color en función del Tiempo para Lixiviados  
Tratados Biológicamente  
Oxidación en combinación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y 9,3 mg/l Ozono**

Tiempo (min)	500 mg/l Pru1	500 mg/l Pru2	500 mg/l Pru3	950 mg/l Pru1	950 mg/l Pru2	950 mg/l Pru3	1750 mg/l Pru1	1750 mg/l Pru2	1750 mg/l Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	3,71	2,84	11,315	19,425	9,905	9,585	24,725	18,12	7,68
40	6,33	8,515	10,02	16,595	16,3	8,545	23,62	20,74	14,315
60	9,165	8,73	10,39	16,59	16,52	10,215	23,18	21,83	17,425
80	10,26	9,385	10,205	14,19	16,3	7,71	22,74	21,395	20,95

**Tabla c.12. % de Remoción de color en función del Tiempo para Lixiviados  
Tratados por Coagulación – Floculación  
Oxidación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Tiempo (min)	500 mg/l Pru1	500 mg/l Pru2	500 mg/l Pru3	950 mg/l Pru1	950 mg/l Pru2	950 mg/l Pru3	1750 mg/l Pru1	1750 mg/l Pru2	1750 mg/l Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	5,13	-61,715	2,24	19,245	4,765	5,56	8,795	4,565	-7,245
40	6,585	31,79	5,335	10,09	10	7,62	9,615	9,885	1,205
60	14,05	44,885	6,175	8,075	17	7,615	9,205	9,885	13,485
80	5,75	-56,05	6,165	8,08	19,19	9,37	7,975	9,125	13,16

**Tabla c.13. % de Remoción de color en función del Tiempo para Lixiviados  
Tratados por Coagulación – Floculación  
Oxidación en combinación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y 9,3 mg/l Ozono**

Tiempo (min)	500 mg/l Pru1	500 mg/l Pru2	500 mg/l Pru3	950 mg/l Pru1	950 mg/l Pru2	950 mg/l Pru3	1750 mg/l Pru1	1750 mg/l Pru2	1750 mg/l Pru3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	9,685	-14,42	4,345	7,295	10,435	0,535	24,93	25,055	24,93
40	4,43	-12,605	1,22	12,5	10,31	9,455	23,19	23,69	23,51
60	4,53	-12,375	1,22	13,015	10,975	11,5	23,435	23,705	23,51
80	3,23	-13,29	0,135	13,19	11,475	12,795	22,94	23,245	23,01