

1-1-2014

## **Reutilización de los vertimientos industriales generados en el proceso de decapado y desengrase de una industria de esmaltado**

Diego Felipe Romero Garzón  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Javier Andrés Wallis Meléndez  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria)

---

### **Citación recomendada**

Romero Garzón, D. F., & Wallis Meléndez, J. A. (2014). Reutilización de los vertimientos industriales generados en el proceso de decapado y desengrase de una industria de esmaltado. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/918](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/918)

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

**REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL  
PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE  
ESMALTADO.**

---

2014

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS  
INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE  
DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA  
DE ESMALTADO.**

**AUTORES:    DIEGO FELIPE ROMERO GARZON    COD 41072098**

**JAVIER ANDRES WALLIS MELENDEZ. COD 41081084**

**DIRECTOR: DIANA MARCELA FUQUENE YATE**

**BOGOTA MAYO DE 2014**

# **REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.**

---

2014

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por guiarme en cada momento de mi vida, a mis padres y hermanos quienes me brindaron su amor y apoyo incondicional, convirtiéndose en mi soporte para sobrellevar las dificultades que hacen parte del diario vivir, a la Ingeniera Diana Marcela Fuquene Yate, por su valiosa asesoría y dirección en este proyecto, a mis amigos con quienes compartí algunas experiencia durante mi permanencia en la universidad, que me han dejado grandes enseñanzas.

Diego Felipe Romero Garzón.

Principalmente agradezco a dios, por brindarme sabiduría, energía y por permitirme llegar hasta donde he llegado, agradezco a la ingeniera Diana marcela Fuquene Yate porque con su apoyo y dirección fue posible este trabajo.

A toda mi toda familia por apoyarme de todas las formas posibles, a mi abuela por quererme tanto y por siempre estar pendiente de mí, a mi tía Margot por quererme como si fuera su hijo, a mi madre por apoyarme en todo lo que hago y a todas las personas que se han cruzado en mi camino y que con sus ánimos y consejos contribuyeron a mi formación universitaria.

Javier Andrés Wallis Meléndez.

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	2
INDICE DE IMÁGENES .....	4
INDICE DE ESQUEMAS .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
1. INTRODUCCION .....	6
2. RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
3. OBJETIVOS .....	9
3.1 Objetivo general .....	9
3.2 Objetivos específicos .....	9
4 MARCO TERICO .....	10
4.1 Esmaltación. ....	10
4.3 PML en el proceso de decapado y desengrase. ....	14
4.4 Reutilización.....	14
5. METODOLOGIA .....	16
6. RESULTADOS.....	27
6.1 Caracterización de los vertimientos. ....	27
6.2 Sistema de tratamiento propuesto. ....	27
6.3 Pruebas piloto de calidad.....	31
7. ANALISIS DE RESULTADOS.....	33
8. CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES .....	47

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Secuencia del procesos de decapado y desangrase. ....	18
Imagen 2 Piezas de metal antes de la etapa de limpieza de superficie. ....	19
Imagen 3 Identificación de las piezas a esmaltar. ....	20
Imagen 4 Sustitución del enjuague del decapado.....	21
Imagen 5. Sustitución de los dos enjuagues del desengrase.....	22
Imagen 6. Sustitución de los tres enjuagues.....	23
Imagen 7. Pruebas piloto en Industrias Cheff. ....	24
Imagen 8. Dosificación optima de hidroxiclورو de aluminio 1.5 ml.....	30
Imagen 9. Piezas de la prueba piloto esmaltadas.....	31
Imagen 10. Formación del floc con 1.5 ml de hidroxiclورو de aluminio, a los 5 y 15 minutos.....	36
Imagen 11. Medición de la turbidez del agua cruda y tratada .....	37
Imagen 12. Medición del pH del agua cruda y tratada. ....	38
Imagen 13. Piezas después de los enjuagues con el agua tratada. ....	40
Imagen 14. Piezas después del esmaltado con el agua reutilizada. ....	41
Imagen 15. Pieza con defectos de calidad.....	42
Imagen 16. Defectos de calidad después de dos meses. ....	43
Imagen 17. Piezas antes y después del esmaltado con el agua tratada.....	44

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

## INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1. Metodología.....	26
Esquema 2. Sistema de recirculación. ....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización del agua cruda y tratada. ....	27
Tabla 2. Dosificación de coagulantes.....	28
Tabla 3. Dosificación óptima del hidroxiclورو de aluminio.....	29

# **REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.**

---

2014

## **1. INTRODUCCION**

Los procesos de decapado y desengrase, son fundamentales en la industria del esmaltado de metales porque remueven polvo, cascarilla y óxidos metálicos, mediante la inmersión de las piezas metálicas en soluciones de ácido, detergentes, y enjuagues con agua. La finalidad de estos procesos es dejar las piezas listas para el recubrimiento con esmalte. Estos procesos dejan como resultado grandes volúmenes de agua contaminada con altas concentraciones de Demanda Química de Oxígeno – DQO, Tensoactivos – SAAM, Aluminio – Al, Sólidos Suspendidos Totales – SST, las cuales sin tratar, generan problemas medioambientales al contaminar efluentes y suelos receptores.

Por lo tanto, al tener que realizar el tratamiento de los vertimientos industriales para el cumplimiento de las normas ambientales vigentes, la industria del esmaltado invierte considerables sumas de dinero en sistemas de tratamiento. Si el agua residual tratada fuera aprovechada, se podrían disminuir los costos del tratamiento porque se bajaría el costo del recibo del agua, en consecuencia es necesario dar alguna alternativa para la reutilización, reúso o aprovechamiento de esta agua tratada, por eso el objetivo general de este trabajo es reutilizar los vertimientos que se generan en estos procesos.

Con el fin de examinar si la reutilización de estas aguas tratadas no interviene en la calidad del esmaltado se hacen pruebas piloto con tres (3) lotes de diez (10) piezas cada uno; en el primer lote se reutilizó el agua en el enjuague del decapado, en el segundo lote se reutilizó el agua en el enjuague del desengrase y en el tercer lote, para los dos (2) enjuagues se utilizó agua tratada.

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

## 2. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de INDUSTRIAS CHEFF y tuvo como finalidad la reutilización de los vertimientos generados en la industria del esmaltado en las etapas de decapado y desengrase por separado y en conjunto.

Para evaluar si la recirculación del agua tratada no afecta la calidad del esmaltado, se utilizaron tres (3) lotes de diez (10) piezas cada uno y se simularon las etapas de decapado y desengrase cambiando los enjuagues de agua limpia por agua tratada. Donde se evidenció que según las pruebas piloto el reúso de las aguas tratadas no afecta negativamente la calidad del esmaltado. Esto quiere decir que el agua se puede reutilizar solo si se realiza el siguiente tratamiento en donde intervienen procesos como oxidación con aire, coagulación, floculación, sedimentación y filtración con carbón activado, estos procesos en conjunto remueven DQO, SAAM, SST, Metales y ajustan el pH.

### **Palabras clave:**

Tratamiento de aguas residuales industriales, uso, Vertimientos industriales, Esmaltado



# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

## ABSTRACT

This study was realized in INDUSTRIAS CHEFF installations and the main aim is to reuse wastewater discharges that were generated in the enamelling industry, in pickling and degreasing steps. Wastewater Treatment System was proposed with the propose that the reuse water complies with the SDA Resolution 3957 / 2009.

Three batches divides in ten (10) pieces were used for to study whether the recirculation of treated water does not affect the enamelling quality, and also pickling and degreasing stages were simulated replacing clean water flow for treated wastewater. Three (3) containers were used to immerse the baches in the treated water and some industries tanks were used for immerse the treat water in acid and degreasing. This means that the water can be reused only if done the following treatment where is involved air oxidation processes as coagulation, flocculation, sedimentation and filtration with activated charcoal. All of these together remove COD, SAAM, SST some metals like aluminium and can adjust pH.

## Keywords:

Treatment system, Recirculation system, Dumping, Glazed.

# **REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.**

---

2014

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Reutilizar los vertimientos industriales generados en el proceso de decapado y desengrase de una industria de esmaltado.

### **3.2 Objetivos específicos**

1. Determinar las características de calidad del proceso de esmaltado por medio de entrevistas con la industria.
2. Proponer un sistema de tratamiento de los vertimientos generados en los procesos de decapado y desengrase que lleve al cumplimiento normativo exigido por la autoridad ambiental de Bogotá.
3. Proponer un sistema de aprovechamiento de los vertimientos tratados.
4. Realizar pruebas piloto con los sistemas propuestos para verificar que se cumple con los estándares de calidad de la industria de esmaltado.
5. Establecer el uso que se le puede dar al agua residual tratada mediante el sistema propuesto.

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

## 4 MARCO TERICO

### 4.1 Esmaltación.

El proceso de esmaltación comprende generalmente múltiples etapas:

- **Preparación superficial de la pieza:** La finalidad del tratamiento superficial es obtener una superficie que sea compatible con el proceso de esmaltación, comprende múltiples etapas: Granallado, Desengrasado, Aclarado, Decapado, Aclarado ácido, Baño de níquel, Aclarado, Neutralización y Secado.
- **Aplicación del esmalte sobre el sustrato de acero:** Consiste en sumergir la pieza que se desea esmaltar en una barbotina de esmalte (mezcla de esmalte en polvo y agua), con una densidad y una viscosidad adecuadamente controladas. A continuación, las piezas se suspenden de forma que permita el escurrido del exceso de esmalte depositado, obteniéndose así un espesor de esmalte regular.
- **Secado:** El secado es una etapa indispensable tras la aplicación de esmalte en estado líquido. En efecto, la humedad, que representa entre un 40 y un 50% de la masa depositada, puede provocar, durante la cocción, la retracción del esmalte. El recubrimiento seco que se obtiene en ese caso se denomina biscuit.
- **Cocción a alta temperatura:** “La cocción se lleva generalmente a cabo a una temperatura comprendida entre 780 y 850°C, es decir, a una temperatura muy superior a la temperatura de ablandamiento del esmalte (entre 500 y 600°C)” (Arcelor Mittal, 2008, p19).

## **REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.**

---

2014

De la etapa de decapado depende en gran medida la calidad del producto final ya que es aquí donde se remueven las impurezas y los óxidos de las piezas, es decir es una de las etapas más importantes para obtener un buen acabado en las piezas. “El decapado es la acción de sumergir una pieza metálica en un baño ácido con el fin de disolver la película de óxido, así como cascarilla y escamas” (Metalplate Galvanizing, 2002).

“El Decapado, subproceso del galvanizado, genera la mayor parte de los residuos del proceso, considerados como peligrosos por su alto contenido de ácidos y metales en disolución o en forma de precipitado” (Belzahet Treviño, Dr. 2005, p1).

La generación de desechos sólidos o semisólidos es el siguiente problema en importancia después de los vertidos líquidos. Los principales residuos resultantes de la actividad son: soluciones viciadas, lodos con contenido en metales pesados procedentes del tratamiento de las aguas residuales, metales base, desechos de reactivos empleados en las distintas operaciones, aceites y grasas procedentes de la separación de aceites de los baños de desengrase, filtros y cartuchos impregnados por electrolito y envases y embalajes usados (Wittcott y Reuben, 1997, p88).

Es necesario realizar la etapa de desengrase de las piezas para eliminar los residuos de grasa y aceites de protección que éstas llevan de procesos previos, “para ello se introducen las piezas en baños desengrasantes que contienen agentes tensoactivos cuya eficacia depende de la concentración del desengrasante, la temperatura del baño y la duración del tratamiento” (EA Barros Cabrera, 2007, p3). “Un buen desengrasado evita el arrastre de aceites y grasas a las fases de tratamientos posteriores, facilitando

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

además la valorización de los residuos y subproductos obtenidos” (EA Barros Cabrera, 2007, p3).

## 4.2 Test de jarras

El test de jarras permite establecer cuáles son las condiciones necesarias óptimas para el tratamiento de aguas residuales industriales o domésticas.

La prueba de jarras permite ajustar el pH, hacer variaciones en las dosis de las diferentes sustancias químicas que se añaden a las muestras, alternar velocidades de mezclado y recrear a pequeña escala lo que se podría ver en un equipo de tamaño industrial. Una prueba de jarras puede simular los procesos de coagulación y floculación que promueven la remoción de coloides suspendidos. (Padilla, 2005, p.40).

Dentro de los procesos químicos que se desarrollan en el test de jarras tenemos la coagulación y la floculación, estas operaciones permiten desestabilizar los coloides por medio de la cancelación de las cargas eléctricas que estos tienen, ayudando la formación de flóculos que posteriormente se sedimentan.

Los coagulantes cancelan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide permitiendo la aglomeración y la formación de flóculos. Estos flóculos inicialmente son pequeños, pero se juntan y forman aglomerados mayores capaces de sedimentar. Para favorecer la formación de aglomerados de mayor tamaño se adicionan un grupo de productos llamados floculantes. (Universidad de Castilla-La Mancha, [s.a], p. 3)

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

Los dos procesos llevados a cabo durante el test de jarras se describen a continuación:

**Coagulación:** Desestabilización de un coloide producida por la eliminación de las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales, con formación de núcleos microscópicos.

**Floculación:** Aglomeración de partículas desestabilizadas primero en microfloculos, y más tarde en aglomerados voluminosos llamados flóculos. (Universidad de Castilla-La Mancha, [s.a], p. 3).

Los coloides tienen un papel importante para el tratamiento de las aguas residuales, ya que son sobre estos que los procesos de coagulación y floculación actúan directamente, los coloides se definen como “suspensiones de partículas en un medio molecular. Para que estas suspensiones sean consideradas coloides, las partículas han de tener dimensiones en el intervalo 10 nm -10  $\mu$ m. (Universidad autónoma de Madrid, [s.a], p. 1).

Dentro del proceso de coagulación existen unos reactivos de coagulantes, que se utilizan con más frecuencia, dadas sus características químicas pero también teniendo en cuenta la naturaleza del agua a tratar, los coagulantes metálicos, sales de hierro y aluminio, han sido los más utilizados en la clarificación de aguas y eliminación de DBO y fosfatos de aguas residuales”.

## **REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.**

---

2014

### **4.3 PML en el proceso de decapado y desengrase.**

En la industria del esmaltado existen puntos críticos de contaminación que generan grandes volúmenes de residuos líquidos y que implican unos costos para su tratamiento y además riesgos asociados a la salud y al medio ambiente, por esta razón es necesaria la prevención de la contaminación a través de herramientas de PML, “las buenas prácticas, la prevención o reducción en origen y el reciclaje en la fuente, disminuyen o eliminan la necesidad de reciclaje fuera de la planta o el tratamiento en parte de los residuos y su posterior disposición. La reducción de residuos es siempre más barata que su recolección, tratamiento y disposición. También permite disminuir

los riesgos ambientales para los trabajadores, la comunidad y el ambiente en general” (Ministerio de Ambiente Fundes, 2001)

### **4.4 Reutilización.**

Es necesario tener en cuenta que los vertimientos que se generan a partir de los procesos de decapado y desengrase contienen diferentes contaminantes, los cuales deben ser tratados para el cumplimiento de las normas vigentes que están establecidas para cada zona en la que se realizan estos vertimientos; para el caso de la ciudad de Bogotá, la resolución 3957 de 2009 de la secretaria Distrital de Ambiente, establece la norma técnica para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público, es con esta norma que las industrias que realicen procesos de decapado y desengrase deben registrarse para realizar sus vertimientos. Además la SDA permite reutilizar los vertimientos industriales en las baterías de los baños siempre y

## **REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.**

---

2014

cuando estos vertimientos no superen los límites máximos permisibles y tengan un tratamiento final de desinfección (Alfárez, 2013).

La recirculación y el reusó de los licores de decapado pueden tener varias ventajas. “ i) la eliminación de contaminantes líquidos, ii) la recuperación de una fracción importante del ácido libre (hasta 40% del original) contenido en el licor gastado y ahorro de agua, iii) la producción de compuestos de hierro como subproductos cuya venta puede constituir un aporte económico para la empresa, y iv) un mayor control y calidad en el decapado debido a que la composición de la solución ácida no varía con el tiempo (Niecko, 1987)

En cuanto al reciclado para el caso de las aguas de decapado sulfúricas, “se han descrito procedimientos basados en la utilización de resinas de intercambio, separación del hierro y ácido mediante electrólisis, tostación y extracción con disolventes” (Dufour J., 1995)

En relación con las aguas de decapado nítrico-fluorhídricas, las modernas plantas de decapado de aceros inoxidable están equipadas con sistemas que permiten la recuperación de los ácidos contenidos en las aguas. Estos sistemas consisten en la recuperación de los ácidos libres mediante tratamiento en vacío en presencia de ácido sulfúrico, utilización de resinas cambiadores de iones, extracción con disolventes (Dempster J.H., 1975)



# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

## 5. METODOLOGIA

La metodología para este proyecto es de tipo experimental, ya que se realiza una manipulación práctica de variables experimentales no comprobadas (reutilización de los vertimientos en el proceso de decapado o de desengrase o ambos), en condiciones controladas (medidas en comparación con un esmaltado de la misma calidad que el realizado con agua potable), de esta manera se logra establecer un uso adecuado para este tipo de efluente. Esta metodología se divide en cuatro fases, así:

### **Primera Fase:**

Se realiza una revisión bibliográfica de: Técnicas de recirculación, Técnicas de PML, Desarrollo de los procesos de decapado y desengrase, Normatividad ambiental de vertimientos vigente, Parámetros a caracterizar en este tipo de vertimientos, Sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales.

Esta fase también cuenta con una serie de entrevistas con una industria del sector, con el fin de obtener la información preliminar que permita la realización de una propuesta para tratar las aguas residuales industriales generadas en los procesos, las entrevistas a la industria se realizaron en las instalaciones de Industrias Cheff, la cual es la más grande del sector, se entrevistaron a tres (3) operarios, dos (2) de la parte de esmaltado y un supervisor de calidad. Estas entrevistas (Ver Anexo 1) constan de dos preguntas las cuales tienen como finalidad conocer con palabras de personas experimentadas en la industria del esmaltado, cómo es la relación y en qué medida afectan las etapas de desengrase y decapado al esmaltado.

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

**Segunda Fase:** Una vez propuesto el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, basado en la caracterización del agua cruda, la revisión bibliográfica de sistemas de tratamiento y mediante la información suministrada por la industria, se realizan pruebas piloto utilizando las estructuras con que cuenta Industrias Cheff, se caracterizan los vertimientos, con el fin de verificar el cumplimiento normativo de la zona. Como los vertimientos caracterizados cumplen con la norma de vertimientos se prosigue la tercera fase.

**Tercera Fase:** La tercera fase consta de tres (3) pruebas piloto con un lote de diez (10) piezas cada una, estas pruebas se hacen con el agua tratada mediante el sistema de tratamiento propuesto en la segunda fase. Las dos (2) primeras pruebas se realizan directamente en los procesos de decapado y desengrase por separado y en la tercera prueba se recirculan las aguas en el proceso completo, es decir, en desengrase y decapado.

El proceso productivo de industrias Cheff tiene las siguientes etapas, en las cuales los enjuagues se realizan con agua potable, este volumen se cambia cada ocho días y equivale a 2400 L. (Ver imagen 1)

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

Imagen 1 Secuencia del procesos de decapado y desengrase.



Fuente: Autores, 2013

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

Para la verificación del cumplimiento de los estándares de calidad de la industria de esmaltado se realizó la simulación de los tanques de enjuague, utilizando tres (3) baldes con el objetivo de sumergir la piezas metálicas que para este caso fueron cucharas, en la imagen N° 2 se evidencia la oxidación del metal de las piezas.

*Imagen 2 Piezas de metal antes de la etapa de limpieza de superficie.*



Fuente: Autores, 2013

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

Cada lote de cucharas fue marcado con el fin de diferenciarlos al finalizar del proceso del esmaltado, el primer lote se marcó en la parte superior de las cucharas con un punto, este lote fue el que se sumergió en el baño 1 con agua tratada, este baño es el enjuague después del decapado. El segundo lote se marcó con dos puntos en la parte superior de las cucharas y se sumergió en el baño 2 con agua tratada, este baño es el enjuague después del desengrase. Por último el tercer lote de cucharas no tiene ninguna marca y fue sumergido en los dos enjuagues con agua tratada. (Ver imagen 3)

Imagen 3 Identificación de las piezas a esmaltar.



Fuente: Autores, 2013



## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

Para el primer lote solo se cambia el enjuague que le sigue al decapado y se continúa como se hace el proceso normalmente, como se muestra en la imagen 4.

Imagen 4 Sustitución del enjuague del decapado



Fuente: Autores, 2013

Para el segundo lote se cambian los dos tanques de enjuague del desengrase por agua tratada, dejando el primer enjuague con agua potable, Como se muestra en la Imagen 5.

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

Imagen 5. Sustitución de los dos enjuagues del desengrase.



Fuente: Autores, 2013

Por último, para el tercer lote se cambian los tres enjuagues por agua tratada, como se muestra en la Imagen 6.

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

Imagen 6. Sustitución de los tres enjuagues.



Fuente: Autores, 2013

Esta variación en los tanques de agua se realiza con el fin de poder determinar cuáles tanques de enjuague se pueden sustituir por agua tratada sin afectar la calidad del producto.

Las pruebas piloto se llevan a cabo con los baños de ácido, desengrase y el neutralizante con los que cuenta la industria, pero teniendo en cuenta la sustitución de los enjuagues que se muestran en las imágenes anteriores. En la imagen 7 se muestra la realización de las pruebas piloto utilizando los tanques con los que Industrias Cheff normalmente realiza el proceso de decapado y desengrase.



## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

Imagen 7. Pruebas piloto en Industrias Cheff.



Fuente: Autores, 2013

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

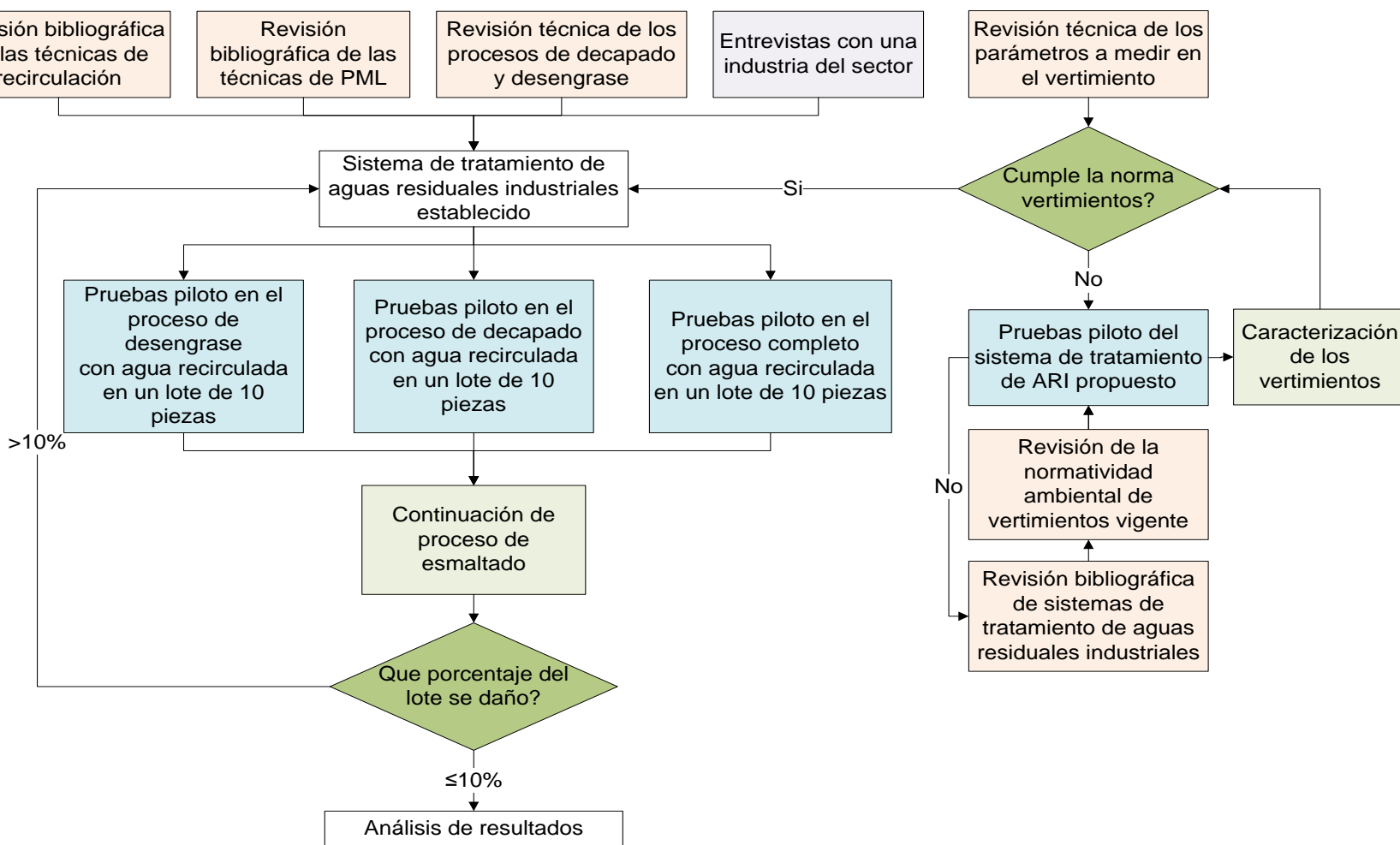
2014

**Cuarta Fase:** En la cuarta fase se analizan los resultados de las pruebas piloto de recirculación de la fase 3 para averiguar si la calidad del agua recirculada cumple con los parámetros de calidad del proceso de esmaltado, desengrase o ambos. Se determinan opciones para el aprovechamiento.

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

Esquema 1. Metodología.



Fuente: Autores, 2013

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Caracterización de los vertimientos.

A continuación se muestran los resultados de las caracterizaciones propuestas en la Fase 1 y en la Fase 2, estas caracterizaciones se realizaron en el laboratorio de la universidad de la Salle el día 11 de diciembre de 2013, los parámetros de pH y turbidez se realizaron in situ. La caracterización del agua tratada se realizó antes del filtro de carbón activado.

Tabla 1. Caracterización del agua cruda y tratada.

Parámetro	Unidad	Agua cruda	Agua tratada	Resolución 3957/09
pH	Unidad	9.24	8.23	(4.5 – 9.0)
DQO	mg/L	1618	367	1500
SST	mg/L	5123	2780	600
SAAM	mg/L	9.5	0.68	10
Aluminio	mg/L	7.82	1.18	10
Turbidez	NTU	236	40	N/A

Fuente: Autores, 2013

### 6.2 Sistema de tratamiento propuesto.

Los procesos para la remoción de los parámetros y el cumplimiento de la resolución 3957 de 2009 de la Secretaria Distrital de Ambiente – SDA<sup>1</sup>, son los siguientes:

1. Oxidación con aire: Para remover materia orgánica, oxidar metales.
2. Coagulación: Para desestabilizar las cargas de las partículas.

<sup>1</sup> La Resolución 3957 de la SDA, establece el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital.

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

3. Floculación: Para aglomerar las partículas coaguladas.
4. Sedimentación: Remueve DQO, SST, Metales una vez realizados los procesos anteriores.
5. Filtración con carbón activado: Para remover metales, (SAAM) y SST.

### Pruebas de jarras.

La prueba de jarras se realizó utilizando como coagulante el hidroxiclورو de aluminio ya que éste trabaja en rango amplios de pH, tiene velocidad de alta sedimentación, no requiere el uso de alcalinizantes, es económico y efectivo a dosis muy bajas. (Ver ficha técnica. Anexo 4), la dosificación se realizó cada 0,2 ml a una concentración de 23 %.

Se utilizó un beaker de vidrio de 1 litro y se determinó el pH y la turbidez al agua cruda cuyos valores son 9.24 unidades de pH y 236 NTU, respectivamente.

Para el hidroxiclورو de aluminio se presentó formación de floc con 1.6 ml, es decir 368 ppm (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Dosificación de coagulantes.

Volumen Coagulante (ml)	Concentración (ppm)	Hidroxiclورو de Al
0.2	46	NO
0.4	92	NO
0.6	138	NO
0.8	184	NO
1.0	230	NO
1.2	276	NO
1.4	322	NO
1.6	<b>368</b>	<b>SI</b>
1.8	414	N/A
2.0	460	N/A

Fuente: Autores, 2013

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

Para determinar la dosis óptima de coagulante se inició una nueva dosificación con el hidroxiclورو de aluminio desde 1 ml con variaciones de 0.1 ml obteniendo una formación completa de floc con 1.5 ml que equivale a 345 ppm (Ver tabla 3 e imagen 8)

Tabla 3. Dosificación óptima del hidroxiclورو de aluminio.

HIDROXICLORURO DE ALUMINIO			
VOLUMEN (ml)	ppm	FORMACIÓN DE FLOC	
		SI	NO
1	230		X
1.1	253		X
1.2	276		X
1.3	299		X
1.4	322		X
1.5	<b>345</b>	X	

Fuente: Autores, 2013

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

Imagen 8. Dosificación óptima de hidroxiclورو de aluminio 1.5 ml



Fuente: Autores, 2013

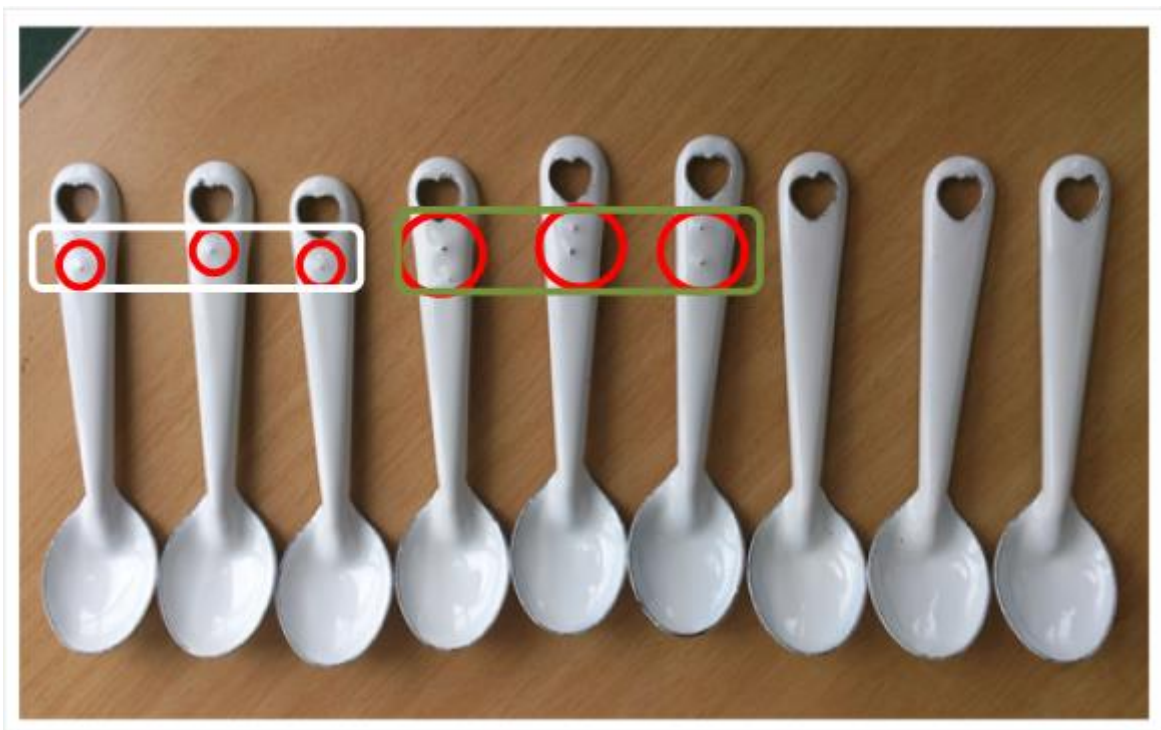
# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

## 6.3 Pruebas piloto de calidad.

En la Imagen 9 se observan tres (3) cucharas de cada lote después del proceso de esmaltado sin ningún tipo de defecto en la superficie de metal.

Imagen 9. Piezas de la prueba piloto esmaltadas.



Fuente: Autores, 2013

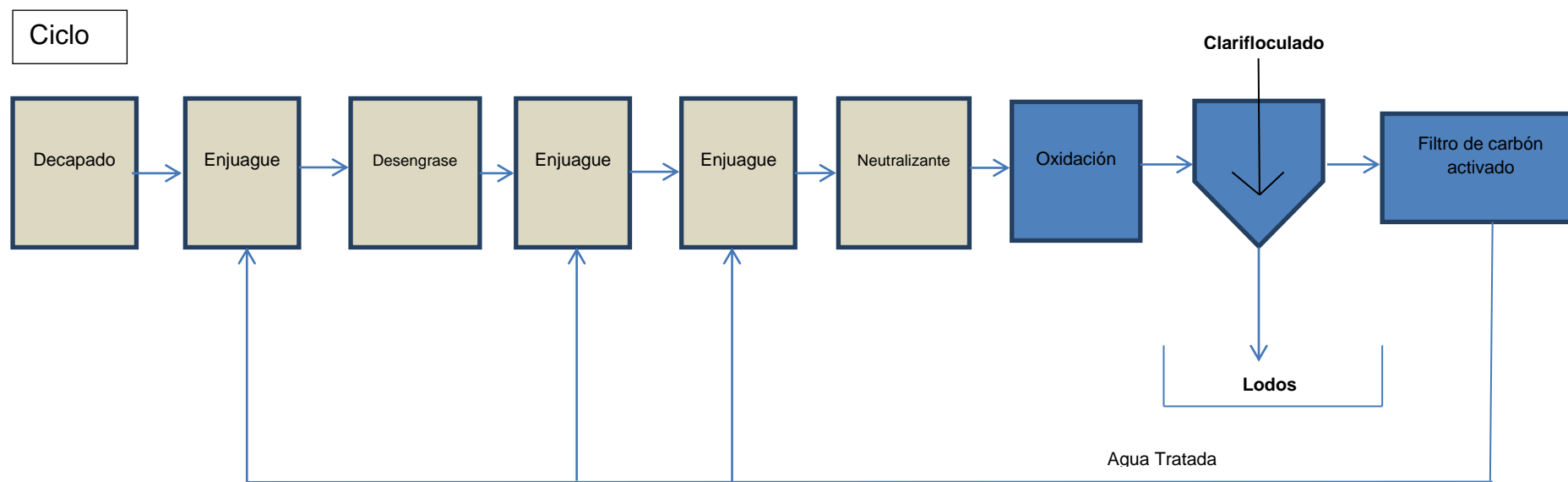
Una vez realizadas las pruebas de calidad se determinó que la sustitución del agua potable por agua tratada no afecta la calidad del producto en ninguno de los tres casos, esto quiere decir que después de tratada el agua ésta puede volver a ser utilizada en los tres (3) enjuagues (Ver Esquema 2).



# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

Esquema 2. Sistema de recirculación.



Fuente: Autores, 2013

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

## 7. ANALISIS DE RESULTADOS

Con la información obtenida de las entrevistas con Industrias Cheff y la revisión bibliográfica se encontró que para no afectar la calidad del esmaltado, la superficie de metal debe quedar totalmente limpia de grasas y óxidos, si esto no ocurre las piezas de metal no pasaran los parámetros de calidad del esmaltado porque la superficie de metal se dañara a causa de la anomalía llamada escama de pescado<sup>2</sup> y/o simplemente el esmalte no pegará en la superficie de metal. Las entrevistas a la industria se encuentran en el Anexo 1.

En la revisión bibliográfica se encontró que se debe cumplir con la Resolución 3957 de 2009 de la SDA, la norma indica que para la industria de esmaltado se deben medir los siguientes parámetros (Al, As, Ba, B, Cd, CN, Zn, Cu, Fenol, Cr<sup>+6</sup>, Cr, HC, Fe, Li, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Pb, Se, Sulfuro, Color, DBO<sub>5</sub>, DQO, GyA, pH, SS, SST, Temperatura y SAAM) La cantidad de parámetros se reduce, con base en la matriz (Ver Anexo 2) de parámetros según la actividad productiva de la SDA, que indica que para el sector en donde se encuentra Industrias Cheff los parámetros a analizar son: Al, Cd, Color, DBO<sub>5</sub>, DQO, GYA, pH, SS, SST, Temperatura y SAAM

No se midió el Cadmio, porque la naturaleza de las láminas que se utilizan para la fabricación de las piezas no contiene este metal. La Temperatura no se midió porque el agua utilizada para los baños de las piezas no es sometida a ningún calentamiento

---

<sup>2</sup> La escama de pescado se refiere a un defecto en donde el esmalte adherido a la superficie de metal se quiebra y se sopla.

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

durante el proceso, los sólidos sedimentables no se observan en la muestra de agua por lo cual no se midieron. Por ultimo en caracterizaciones anteriores de la industria se ha demostrado que las Grasas, Aceites y  $\text{DBO}_5$  no se generan en grandes cantidades.

En los resultados obtenidos en la Tabla 1, se observa que en el agua cruda los parámetros que incumplen la norma son DQO, SST y pH, sin embargo, también hay presencia de SAAM, esto es ocasionado por lo siguiente:

1. La utilización de detergentes en la etapa de desengrase genera “tensoactivos que disminuyen la tensión superficial del agua y favorece la formación de espumas, además inhiben la actividad biológica y disminuyen la solubilidad del oxígeno.” (Romero Rojas, 1999, pg. 57)
2. El pH varía a causa de los insumos utilizados en las etapas de decapado y desengrase.
3. El incumplimiento de la DQO se debe a la oxidación de los compuestos orgánicos que se encuentran presentes en el desoxidante MT-21 y el desengrasante T-8, que son los insumos utilizados por la industria en estos los procesos de decapado y desengrase, respectivamente.
4. Los sólidos suspendidos totales (SST) se deben a la remoción de óxidos e impurezas que traen las superficies de metal que se procesan en las etapas de desengrase y decapado.

Para lograr el cumplimiento normativo, es necesario remover los contaminantes pH, DQO, SST, para lo cual se propone un sistema de tratamiento que consta de los siguientes procesos:

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

**Oxidación con aire:** Aunque la matriz que maneja la SDA no contempla el hierro como contaminante de la industria de acabado de superficies, la etapa de desengrase y decapado cuenta con insumos y materiales, como las piezas de metal, que por su composición contribuyen a la generación de este contaminante. La oxidación con aire se plantea, ya que sirve para oxidar la materia orgánica que se produce en la etapa de desengrase, y permite homogenizar la mezcla porque se utiliza como sistema de mezcla. Además al inyectar aire en el agua el hierro se oxida a una forma menos soluble y esto permite la precipitación del hierro y su posible remoción ya sea por tanque de sedimentación o filtro. (Marín, 2003), también

**Coagulación:** En este proceso se realiza una mezcla rápida (a 120 rpm) en donde se adiciona la dosis óptima del coagulante que se estableció en la prueba de jarras, y que se utiliza para desestabilizar las cargas de las partículas para que posteriormente haya formación de floc.

Las prueba de jarras, se realizó con el siguiente coagulante:

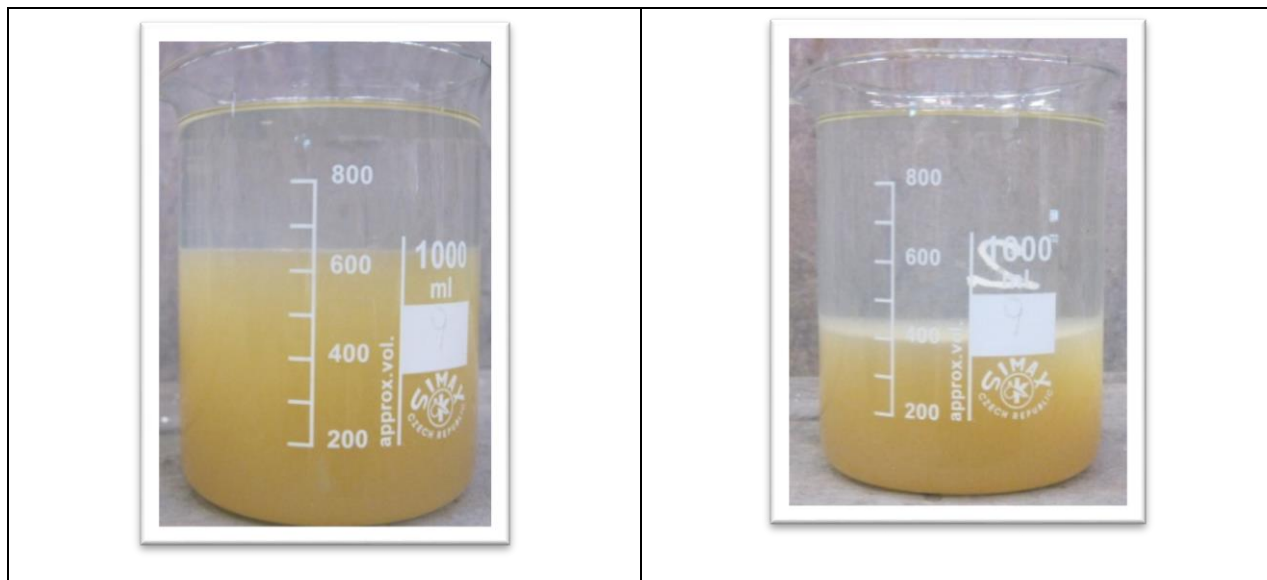
Hidroxiclорuro de aluminio: En la imagen 10 se muestra la formación del floc a los 5 y 15 minutos después de haber agregado el polímero, con lo que se demuestra que el coagulante óptimo para este tipo de aguas es el hidroxiclорuro de aluminio, posiblemente porque el rango de pH de este coagulante es más amplio que el del sulfato de aluminio.

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

I

Imagen 10. Formación del floc con 1.5 ml de hidroxiclорuro de aluminio, a los 5 y 15 minutos



Fuente: Autores, 2013

**Floculación:** Con este proceso se aglomeran las partículas formando agregados que van ganando peso para sedimentarse. Para la aceleración de esta reacción se utilizó un polímero catiónico, por recomendaciones de la industria, ya que en pruebas anteriores se demostró que para el tipo de vertimientos tiene mejores resultados que el aniónico.

**Sedimentación:** Este proceso se deriva de la coagulación y floculación que permite que se formen agregados que terminan sedimentándose.

Estos procesos en conjunto tienen como fin la remoción de la turbidez inorgánica y la remoción del color verdadero y aparente que se genera a partir de las partículas

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

coloidales presentes en el agua y que no sedimentan fácilmente por lo tanto hay una remoción importante en la DQO, SST, SAAM, y una disminución de pH.

Una vez realizado el test de jarras se midió la turbidez al agua cruda y al agua tratada de la jarra con hidroxiclорuro de aluminio y se obtuvo que la turbidez del agua cruda es de 236 NTU y la del agua tratada es de 40 NTU, esto indica una disminución de la turbidez de 196 NTU, que equivale a una remoción del 83% con el hidroxiclорuro de aluminio. En la Imagen 11 se registra las lecturas del turbidímetro con las dos muestras.

Imagen 11. Medición de la turbidez del agua cruda y tratada

**Agua cruda**



**Agua tratada**



# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

Fuente: Autores, 2013

El resultado del pH en el agua cruda fue de 9.24 y el resultado en el agua tratada fue de 8.23, En la Imagen 12 se evidencia el registro de las lecturas de pH.

**Imagen 12. Medición del pH del agua cruda y tratada.**

**Agua cruda**



**Agua tratada**



Fuente: Autores, 2013

Con los datos experimentales obtenidos a partir de la prueba de jarras se encontró la dosis optima que para este tipo de vertimientos, es de 1,5 ml por cada litro de agua a tratar, el polímero que se utilizó fue de tipo catiónico y el porcentaje de remoción experimental para los sólidos suspendidos totales (SST) que se obtuvo después de los procesos de oxidación con aire, coagulación, floculación y sedimentación fue del 46%, pasando de una concentración de 5123 mg/l para el agua cruda a 2780 mg/l para el agua tratada, además la turbidez pasó de 236 NTU a 40 NTU después del proceso.

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

Aunque el agua se trató con los anteriores procesos los SST no cumplen la norma y por esta razón se propone un filtro con el objetivo de reducir este parámetro.

**Filtración con carbón activado:** Este proceso se propone para terminar de disminuir la DQO y los SST, ya que gracias a su capacidad de adsorción el carbón activado logra obtener una disminución en la concentración de estos parámetros. “El carbón activado posee la virtud de adherir o retener en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) del líquido que está en contacto con él”. “La aplicación del carbón activado en el tratamiento de aguas va desde la eliminación de olor y sabor para el control de compuestos orgánicos muy específicos. Además se aplica para remover color, fenoles, SAAM, DQO y sustancias con bajo peso molecular, la mayoría de los metales pesados”

Después de tratar el agua mediante el sistema propuesto se logró cumplir con el criterio de calidad del agua, que para este caso son los parámetros descritos en la Tabla 1, que cumplen con la Resolución 3957 del 2009 de la SDA.

Teniendo definido el tratamiento de los vertimientos, se procedió a realizar las pruebas piloto, cambiando el agua de los enjuagues del proceso de decapado y desengrase por el agua tratada y haciendo pasar las cucharas metálicas por esos procesos, tal como se describe en la Fase 3, finalmente las cucharas fueron sometidas al proceso de esmaltado, en donde cumplieron con los parámetros de calidad establecidos por la industria.



## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

En la Imagen 13 se muestra los tres (3) lotes de cucharas que se sumergieron en los enjuagues con el agua tratada y se observa que están libres de óxidos e impurezas sin embargo en este punto no se puede determinar si los enjuagues son efectivos al reutilizarlos porque para comprobar esto, los lotes deben pasar por el proceso del esmaltado.

Imagen 13. Piezas después de los enjuagues con el agua tratada.



Fuente: Autores, 2013

El proceso del esmaltado se realizó a los tres (3) lotes simultáneamente, con el fin de eliminar variables del proceso y verificar si los enjuagues realmente fueron efectivos. En la Imagen 17, las primeras tres (3) cucharas de izquierda a derecha son ejemplares del lote al que se le recirculo el agua en el decapado, las segundas tres (3) cucharas se les recirculo el agua del desengrase y las últimas tres (3) cucharas se les recirculo el agua en el decapado y desengrase.

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

En ninguno de los tres lotes se observa que el esmalte tenga algún tipo de defecto característico de un mal esmaltado como la escama de pescado, por el contrario se observa que el esmalte se adhirió correctamente en todos los lotes (Ver Imagen 14)

Imagen 14. Piezas después del esmaltado con el agua reutilizada.



Fuente: Autores, 2013

La Imagen 15 muestra una pieza de metal en la que no se le adhirió el esmalte, esta pieza presentó el defecto de la escama de pescado que se atribuye según los operarios de Industrias Cheff a que el decapado y desengrase no cumplieron con su fin, dejando cascarillas de óxido y/o partículas de grasa, este tipo de anomalías es común encontrarlas en piezas en las que las etapas de la limpieza del metal se hace incorrectamente.

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

Imagen 15. Pieza con defectos de calidad.



Fuente: Autores, 2013

La calidad del esmaltado se debe mantener a través del tiempo, ya que hay piezas en las que el esmalte comienza a desprenderse meses después de haber sido esmaltadas, en la Imagen 16 se observa una jarra que después de dos meses presenta defectos en el esmalte, esto puede deberse a las mismas causas por las cuales se genera la escama de pescado.

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

Imagen 16. Defectos de calidad después de dos meses.



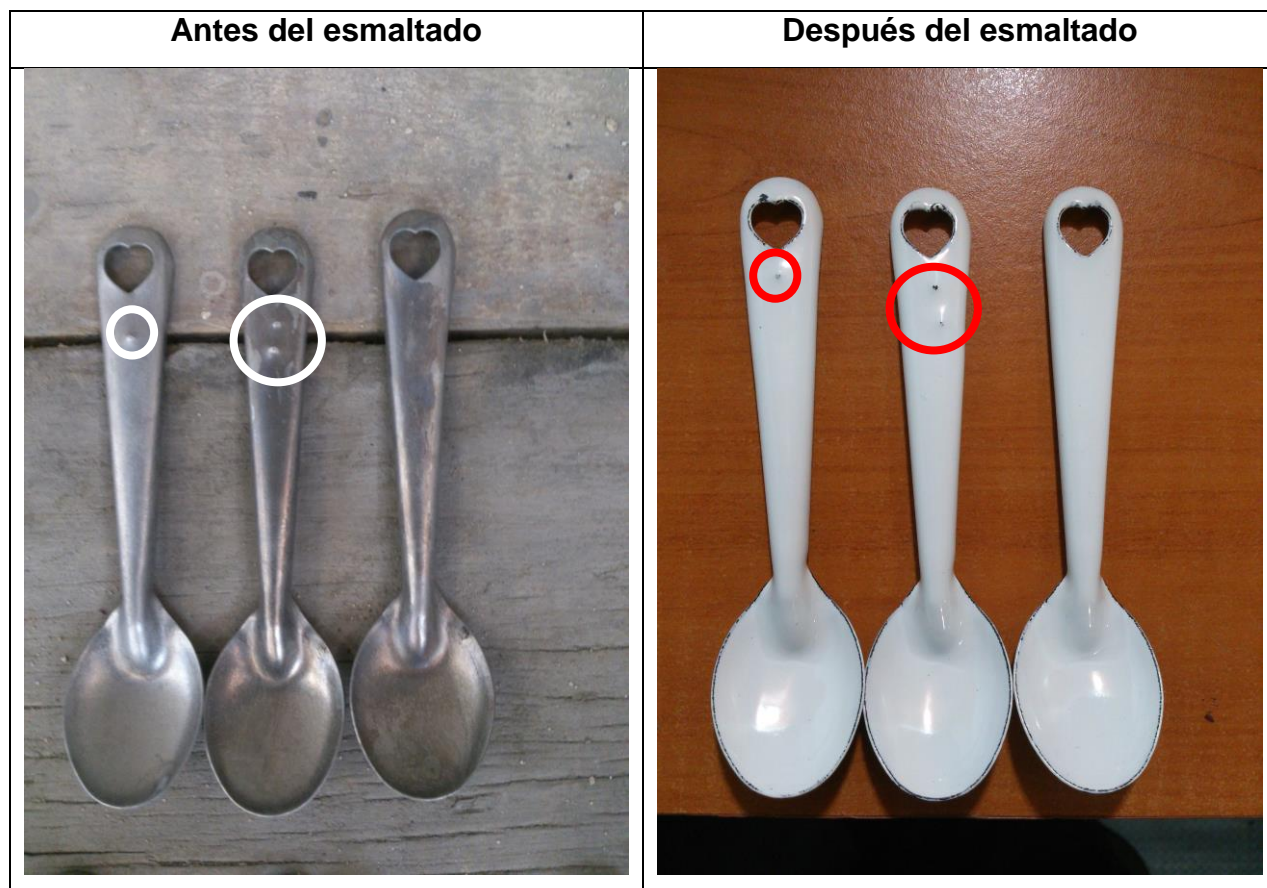
Fuente: Autores, 2013

Como se mencionó antes, ninguno de los tres lotes presentó una diferencia en la calidad del esmaltado (Ver Imagen 17) esto se debió a que los enjuagues removieron las impurezas que quedaron en las piezas de metal a causa de la inmersión en ácido y en el desengrasante, lo que indica que la calidad del agua tratada cumple los requerimientos para la limpieza de estas piezas, como lo hace el agua potable que normalmente se utiliza en la industria.

## REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014

Imagen 17. Piezas antes y después del esmaltado con el agua tratada.



Fuente: Autores, 2013

Es importante recalcar que esta prueba de calidad se hizo utilizando el agua tratada un solo día, por lo cual, sus resultados se enfocan a la reutilización del agua tratada una sola vez, lo que da lugar para que otros trabajos de investigación determinen cuantos días se puede utilizar el agua tratada para los enjuagues sin afectar la calidad del esmaltado y el número de veces que se puede recircular el agua sometiéndola al mismo tratamiento.



# **REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.**

---

2014

## **8. CONCLUSIONES.**

1. Mediante entrevistas a la principal industria del sector del esmaltado, “Industrias Cheff” se concluye que la calidad del esmaltado depende directamente del proceso de limpieza de la superficie del metal (decapado y desengrase), es decir que si en la superficie de las piezas de metal queda algún rastro o residuo de óxido y/o grasa el esmalte no se adherirá al metal.
2. El sistema que se propuso para el tratamiento de los vertimientos consta de procesos como la oxidación con aire que permite la remoción de materia orgánica y mezclado. Procesos como coagulación, floculación y sedimentación permiten la remoción de DQO, SST, SAAM y el ajuste del pH, por último la filtración con carbón activado remueve SST, adsorbe metales como el aluminio, fenoles, SAAM y también reduce un porcentaje de DQO, con lo cual se logra el cumplimiento de la Resolución 3957 de 2009 de la SDA.
3. En las pruebas piloto que se realizaron se demostró que se puede recircular el agua una vez por proceso porque ninguno de los tres lotes presentó defectos en el proceso del esmaltado, es decir que el agua de los enjuagues que se recirculan no alteran las etapas de decapado y desengrase. También se concluye que otra alternativa para la reutilización del agua de los enjuagues es el uso en las baterías de los baños.
4. Durante el desarrollo de este proyecto no se planeó verificar cuantas recirculaciones aceptaba el proceso, ni el número de procesos que acepta el agua reutilizada sin afectar la calidad del esmaltado, sin embargo según los resultados obtenidos en las pruebas piloto se plantea la hipótesis que el agua se

## **REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.**

---

2014

podría recircular los ocho días y que al sistema de tratamiento se le hagan ajustes cada vez que se recircule el agua para remover el exceso de carga contaminante  $n$  – veces.

# **REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.**

---

2014

## **RECOMENDACIONES**

1. Las muestras de aguas se deben tomar después del paso del filtro de carbón para que haya una mejor remoción de los contaminantes ya que este filtro permite la adsorción de SST, metales, Fenoles y DQO mejorando la calidad del agua.
2. Para las industrias que deseen aplicar este tipo de procesos, es importante un estricto control de calidad en cuanto a las etapas de limpieza de las piezas de metal como la remoción de óxidos y grasas.
3. Realizar una investigación que permita establecer el número de procesos que se puedan realizar en el agua reutilizada para verificar si es posible utilizarla los cinco (5) días que duran los enjuagues.
4. Realizar una investigación para verificar el número de veces que se puede recircular el agua tratada sin que esta afecte el proceso de calidad, además realizar los ajustes al sistema de tratamiento para que la carga contaminante adicional sea removida en cada recirculación.



# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

## BIBLIOGRAFÍA

Padilla, M (2005) Remoción de metales pesados en aguas residuales industriales por la técnica de precipitación alcalina

Universidad de Castilla- La Mancha. (s.a).Tema 5.Coagulación y Floculación. Recuperado de [http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis\\_procesos/tema5.pdf](http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema5.pdf)

Metalplate Galvanizing. (2002). The Hot Dip Galvanizing Process. <http://www.metalplate.com/galvanizing/TIS1.HTM> 06/26/02.

Arcelormittal, (2008). Los aceros para esmaltación y el acero esmaltado, guía para su utilización. Recuperado de [http://www.arcelormittal.com/fce/repository/fce/Brochures/Steelforenaming\\_usermanual\\_ES.pdf](http://www.arcelormittal.com/fce/repository/fce/Brochures/Steelforenaming_usermanual_ES.pdf)

Belzahet.T, Santillán. A, López. S, Abdala.L & Rodríguez.J. (junio, 2005). Recuperación Y reciclamiento de agua residual del sistema de decapado difusión diálisis, *Advances in Engineering and Technology: A Global Perspective*. Llevado a cabo en Cartagena de indias Colombia

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

Wittcott, H. REUBEN, B.G. (1997). Productos químicos orgánicos industriales, Vols. I y II, Editorial Limusa, México. Pág. 88

Barros. Cabrera. EA & Mogrovejo. D, (2007) diseño y construcción de control automático para proceso de limpieza y decapado por inmersión, de cajas metálicas construidas en tol para la fábrica de la empresa electrocontrol. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador

Velasco. E, *Coloides*, Universidad Autónoma de Madrid, recuperado de: [http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/evelasco/Coloides.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/evelasco/Coloides.pdf)

Jiménez Cisneros , Blanca E. 2001. La contaminación ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada. México, Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C. Instituto de Ingeniería de la UNAM, 2001. (pág. 229)

Henry, J. Glynn, Heinke, Gary. Ingeniería Ambiental. Prentice Hall, México 1999. (Pág. 398 y 399)

José O. Valderrama Centro de Información Tecnología. Vol. 15, Nº 2, 2004.

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

---

2014

Problemas resueltos de contaminación ambiental: cuestiones y problemas Pagina 23; Carmen Orozco; Nieves Gonzales delgado, Jose Marcos Alfayate Blanco, Antonio Pérez Serrano

Dufour, (1995), Síntesis de hexaferrita de bario a partir de lejías ferrosas residuales de decapado. Tesis Doctoral.

Dempster, J.H. y Bjoerklund, P. (1975) *CIM Bull.* 68 (754).

Niecko. (1987). "Recovery of ferrous sulfate and sulfuric acid from spent pickle liquor of the steel industry". *Cons. & Rec.* Vol.10.

Marín R, (2003) *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos, tratamiento y control de calidad de aguas.* Madrid. Ediciones Díaz de Santos.

Esperanza, Alferez. (Junio, 2013). Programa uso eficiente del agua, Programa gestión ambiental empresarial, Bogotá, Colombia, Secretaría Distrital de Ambiente SDA.

Murillo. D. (2011). *Análisis de la influencia de dos materias primas coagulantes en el aluminio residual del agua tratada*, Universidad tecnológica de Pereira, Pereira Colombia.

Romero. J. (2005) *Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño.* Bogotá D.C. Escuela colombiana de ingeniería.

**REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL  
PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE  
ESMALTADO.**

---

2014

ANEXOS

## 2014

52

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014



**UNIVERSIDAD DE LA SALLE**  
**LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**  
e- mail: [lab-ambiental@lasalle.edu.co](mailto:lab-ambiental@lasalle.edu.co)  
Tel: 3535360 ext. 2537 - Fax 3 362840



<b>UNIVERSIDAD DE LA SALLE</b> <b>LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA</b>	
REPORTE DE RESULTADOS ANÁLISIS DE LABORATORIO	
Fecha Recepción	6 de Diciembre de 2013
Periodo de ejecución de análisis	6 al 11 de Diciembre de 2013
Procedencia de la muestra	Muestra 1 – Agua cruda

ANÁLISIS	MUESTRA	RESULTADO
pH	1	6.68
DQO	1	1618 mg/l
SST	1	5123 mg/l
Detergentes aniónicos	1	9.5 mg/l
Detergentes catiónicos	1	< 0.05 mg/l
Aluminio	1	7.82 mg/l

Atentamente,

**Ing. OSCAR FERNANDO CONTEN TO R**  
LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
UNIVERSIDAD DE LA SALLE

# REUTILIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES GENERADOS EN EL PROCESO DE DECAPADO Y DESENGRASE DE UNA INDUSTRIA DE ESMALTADO.

2014



**UNIVERSIDAD DE LA SALLE**  
**LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**  
e- mail: [lab-ambiental@lasalle.edu.co](mailto:lab-ambiental@lasalle.edu.co)  
Tel: 3535360 ext. 2537 - Fax 3 362840



<b>UNIVERSIDAD DE LA SALLE</b> <b>LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA</b>	
REPORTE DE RESULTADOS ANÁLISIS DE LABORATORIO	
Fecha Recepción	6 de Diciembre de 2013
Periodo de ejecución de análisis	6 al 11 de Diciembre de 2013
Procedencia de la muestra	Muestra 2 – Agua tratada

ANÁLISIS	MUESTRA	RESULTADO
pH	2	7.77
DQO	2	367 mg/l
SST	2	2780 mg/l
Aluminio	2	1.18 mg/l

Atentamente,

**Ing. OSCAR FERNANDO CONTENTO R**  
LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
UNIVERSIDAD DE LA SALLE