

UCh-FC
2 - Ambiental
C 146



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias

“Abatimiento de Especies Cloradas en RILes, generadas por el Proceso de Fabricación de Productos de Limpieza”

**Seminario de Título entregado a la
Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile
en cumplimiento parcial de los requisitos
para optar al título de**

Químico Ambiental

Miguel Alejandro Calderón Gómez

**Director del Seminario de Título: Sr. Rafael González
Profesor Patrocinante: Mag. Julio Hidalgo**

Enero 2008

**FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE**

**INFORME DE APROBACIÓN
SEMINARIO DE TITULO**

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile que el Seminario de Titulo presentado por el alumno:

Miguel Alejandro Calderón Gómez

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación de Seminario de Titulo como un requisito para optar al titulo de Químico Ambiental.

COMISION DE EVALUACION

Director: Sr. Rafael González

Prof. Patrocinante: Mag. Julio Hidalgo

Corrector: M. Cs. Silvia Copaja

Corrector: Dr. Mauricio Isaacs



CURRICULUM VITAE

Miguel Alejandro Calderón Gómez



Antecedentes Personales

Cédula de Identidad: 15.432.158-6

Fecha de Nacimiento: 05 de Febrero de 1982

Estado Civil: Soltero

Nacionalidad: Chilena

Dirección: Avenida Concha y Toro 2507 Puente Alto, Santiago.

Teléfonos: 02-8492397 - (08)2218696

e-mail: miguelcalderon40@gmail.com.

Antecedentes Académicos

Educación Superior: Completa.

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias, Química Ambiental.

Título Profesional: **Químico Ambiental.**

Grado Académico: **Licenciado en Ciencias Ambientales, mención en Química.**

Enseñanza Media: Completa.

Liceo Industrial "Domingo Matte Pérez" Especialidad en Química Industrial.

Titulo Técnico: **Técnico en Química Industrial.**

Certificado de aptitud profesional: **Operador de Plantas Químicas**, por la Corporación de Capacitación y Empleo de la Sociedad de Fomento Fabril y de la Asociación Gremial de Industriales Químicos Asiquim.

Enseñanza Básica: Completa.

Escuela República de Guatemala, Maipú, Santiago, 1° a 8° básico.

Antecedentes Laborales

2007 Mayo-Diciembre: **Laboratorios Davis**, Departamento de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.

Desarrolló proyecto de: Diseño, Operación de Planta de Tratamiento de RILes pertenecientes al proceso productivo de productos de limpieza, también realizo apoyo en las actividades de Gestión de Residuos Industriales Peligrosos y no Peligrosos desde la generación hasta la disposición final de estos.

2006 Enero–Febrero: **Minera Los Pelambres**, Tranque El Mauro, Constructora Belfi - Incolur, Construcción del muro de partida y obras complementarias, Departamento de Medio Ambiente.

Realizo labores de Gestión Ambiental consistente en: Documentación, Planificación, Inspección y Charlas de apoyo, dentro de la faena de obra.

2005 Febrero: **Codelco**, División El Teniente, Laboratorio Químico, Unidad de Servicios a Procesos y Producción.

Realizo análisis fisicoquímico de RILes correspondientes a la red de relaves, aguas claras de estos, utilizando metodología de análisis de espectrofotometría de Absorción Atómica y Emisión con Fuente de Plasma, además del muestreo de estas mismas en diferentes puntos de la VI región.

2004 Enero-Febrero: **Codelco**, División El Teniente, Fundición Caletones, Unidad de Limpieza de Gases.

Realizo actividades de investigación y apoyo en el sector de Generación, Manipulación y Disposición de Residuos Arsenicales pertenecientes al abatimiento de gases generados por la fundición primaria de cobre.

1998-2000: Sika Chile. Departamento de Control de Calidad y Medio Ambiente.

Realizo actividades de muestreo y análisis fisicoquímico de materias primas, productos intermedios y terminados, además realizo tareas de apoyo en la Planta de Tratamiento de RILes.

***A las personas que me supieron
comprender y apoyar de corazón
en este proceso.***

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Laboratorios Davis por haberme dado la posibilidad de ocupar sus recursos e instalaciones, en especial al Sr. Rafael González por haberme dado su apoyo y orientación en las actividades realizadas para desarrollar el Seminario de Titulo dentro de la empresa.

ÍNDICE

	Pag.
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Aspectos Generales.....	1
1.2 Hipótesis.....	7
1.3 Objetivos.....	8
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1. Naturaleza de los RILes generados.....	9
2.2. Cantidades de RILes generados.....	10
2.3. Diseño de la Planta de Tratamiento de RILes según la factibilidad económica y operacional.....	11
2.3.1 Metodología analítica utilizada para la determinación de la concentración de Cloro Total presente en el RIL.....	12
2.3.2. Descripción del Reactivo y de Equipos.....	17
2.4. Puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de RILes iniciando el proceso de marcha con Pruebas de Ensayo y finalmente una Prueba Piloto.....	21

	Pag.
III. RESULTADOS	22
3.1. Caracterización del RIL, de acuerdo a las materias primas ocupadas en la elaboración de productos de limpieza.....	22
3.2. Cantidad de RIL generado por el proceso de elaboración de productos de limpieza, correspondiente al mes de Agosto.....	27
3.3. Rediseño de la Planta de Tratamiento de RILes y operación del proceso de tratamiento.....	28
3.3.1. Problemas encontrados en el prediseño de la Planta de Tratamiento de RILes.....	28
3.3.2. Diseño final de la Planta de Tratamiento de RILes.....	32
3.3.2.1. Descripción de las etapas del proceso.....	34
3.4. Resultado de tratamiento del RIL.....	38
3.4.1.1. Pruebas de Ensayo.....	38
3.4.1.2. Determinación del porcentaje de abatimiento.....	40
3.4.2. Prueba Piloto.....	43
IV. DISCUSION	44
V. CONCLUSIONES	45
VI. REFERENCIAS	47

	Pag.
VII. ANEXOS	49
Anexo 1.....	50
Anexo 2.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1:	Volúmenes pertenecientes al RIL total diario..... 27
Tabla 2:	Datos correspondientes a muestreo y análisis de RIL (Día, pH, concentración de Cloro Total y gramos de Na ₂ S ₂ O ₅ a adicionar)..... 38
Tabla 3:	Resultados de pH y cálculos de % CT (p/v)..... 41
Tabla 4:	Correcciones y Resultados del tratamiento de RILes.... 41

ÍNDICE DE FIGURA

		Pag.
Figura 1:	Diagrama de Flujo de Producción.....	3
Figura 2:	Esquema de RILes pertenecientes a la planta de Laboratorios Davis S.A.....	5
Figura 3:	RIL con Yoduro de Potasio acidificado con acido acético glacial.....	14
Figuras 4 y 5:	Viraje de color en el punto de equivalencia.....	14
Figura 6:	Saco de Metabisulfito de Sodio de 25 Kg.....	17
Figuras 7 y 8:	Bombas eléctricas sumergibles, pertenecientes al estanque de almacenamiento y tratamiento respectivamente.....	18
Figuras 9 y 10:	Estanques de almacenamiento y tratamiento de RIL, vista frontal y lateral.....	19
Figuras 11 y 12:	Agitador eléctrico y vástago con aspas.....	20
Figura 13:	Porcentaje de materias primas en RILes de la planta de productos de limpieza según producción mensual (Agosto 2007).....	22
Figura 14:	Distribución de concentraciones de HClO y OCl ⁻ según el pH a 20 °C.....	24
Figura 15:	Distribución de Cloro Combinado Residual según el pH.....	25

	Pag.
Figura 16:	Etapas de existencia de concentraciones de Cloro Residual según la concentración de Cloro adicionado.. 26
Figuras 17 (a, b y c):	Ductos de desviación realizado en la Planta de Tratamiento de RILes..... 28
Figuras 18:	Estanque Inicial (a) y Estanque Final (b)..... 30
Figura 19:	Diagrama de Etapas del Tratamiento de RILes..... 33
Figuras 20 y 21:	Señal visual de aviso al operador y tablero eléctrico de operación de equipos..... 34
Figuras 22 (a, b y c):	Etapas de la toma de muestras..... 35
Figura 23:	Ducto de descarga que llega directamente al alcantarillado..... 37
Figura 24:	Concentración de OCI^- v/s pH..... 39

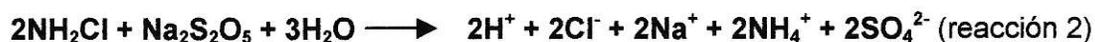
GLOSARIO

BM:	Bodega de Materiales.
BMP:	Bodega de Materias Primas.
BPT:	Bodega de Productos Terminados.
CCR:	Cloro Combinado Residual.
Cloraminas:	Molécula de Amoniacó sustituida total o parcialmente por átomos de Cloro
Cloración:	Proceso en el cual se adiciona un átomo de Cloro a una molécula por medio de un mecanismo de sustitución.
CLR:	Cloro Libre Residual.
CT:	Cloro Total.
Decloración:	Proceso que corresponde a la reacción de oxido reducción y mediante el cual se libera el Cloro en forma de iones (Cl ⁻) de las especies cloradas presentes en un líquido.
LCC:	Laboratorio de Control de Calidad.
Monocloramina:	Amina monosustituida por un átomo de Cloro.
PTR:	Planta de Tratamiento de RILes.
RIL:	Residuo Industrial Líquido.

RESUMEN

El trabajo realizado, se enfoca a la implementación de un Sistema de Tratamiento de RILes, que se generan en la elaboración de productos de limpieza, ya que estos residuos afectan significativamente en el proyecto futuro de tratamiento de RILes de toda la empresa, y es por esto que se debe realizar un pre-tratamiento. Además de las indicaciones de Aguas Andinas con respecto al cuidado del sistema de alcantarillado.

El tratamiento a consiste en abatir las especies de Cloro Total que es la suma de Cloro Libre Residual y Cloro Combinado Residual ($CT = CLR + CCR$), a través de un proceso oxido-reducción con Metabisulfito de Sodio ($Na_2S_2O_5$), el cual reduce al ion hipoclorito (OCl^-) a cloruro (Cl^-) y a la monocloramina (NH_2Cl) a cloruro (Cl^-) y amonio (NH_4^+).



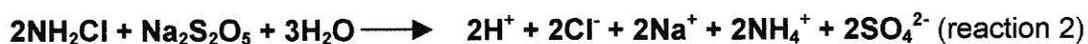
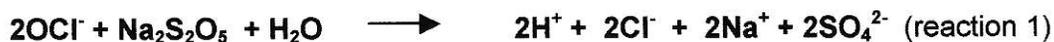
Quedando el ion cloruro en solución y evitando todos los daños significativos que la especie inicial puede causar al futuro sistema de tratamiento de la empresa, ya que este es un potente oxidante y mata a las bacterias que están en el lodo activado (sección de la futura planta de tratamiento). Además no hay que olvidar que el ion OCl^- destruye las instalaciones del alcantarillado, ya que, las corroe con facilidad.

En este trabajo se realizó el rediseño, construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de RILes, para la sección de elaboración de productos de limpieza.

ABSTRACT

This work is focuses on the implementation of a RILes Treatment System, which are generated in developing cleaning products, because these residues affect significantly future treatment of RILes in the whole firm and that's why we must make a pretreatment. In addition to indications of Aguas Andinas about taking care of the sewer system.

The treatment consists of roughly reduce species of Total Chlorine, which are the amount of Free Residual Chlorine and Combined Residual Chlorine (TC = + CLR CRC), through an oxide-reduction process with Sodium Metabisulphite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), which reduces the ion hypochlorite (OCl^-) to chloride (Cl^-) and monochloramine NH_2Cl to chloride (Cl^-) + amonium (NH_4^+).



The chloride ion stays in solution and we avoid all the significant damage that the initial species may cause to the treatment system, since this is a potent oxidant and kills the bacteria found in the activated sludge (section of the future treatment plant). Furthermore it must not forget that the ion OCl^- destroys sewage facilities because they're easily corroded.

This paper conducted the redesign, construction and commissioning of the RILes Treatment System, for the section of elaboration cleanliness products.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Aspectos Generales

Laboratorios Davis es una industria que produce en forma mayoritaria artículos cosméticos, higiene personal, y de limpieza, procesando grandes cantidades de materias primas para la elaboración de estos.

En el proceso productivo, existe la generación de desechos, como residuos sólidos (RISes) y líquidos (RILes), ambos peligrosos y no peligrosos, provenientes del área de producción y también del área de bodega.

Para entender de mejor manera la generación de estos residuos es necesario tener claro el flujo de producción, este consiste en la descripción del proceso productivo.

Las materias primas e insumos son recepcionados y posteriormente distribuidos a la Bodega de Materias Primas (BMP) y Bodega de Materiales (BM) respectivamente, donde permanecen en estado pendiente mientras se les practica los análisis necesarios para comprobar que cumplen con los parámetros establecidos por el laboratorio. Si no cumplen con los parámetros pasan a la Bodega de Productos Rechazados para posteriormente ser devueltos a los proveedores. Si cumplen los parámetros pueden ser utilizados para la elaboración de productos.

Materias primas:

- Son fraccionadas en la sala de pesaje de BMP.
- Los pesos son rechequeados en la sala de pesaje de Fabricación.

- Fabricación de la mezcla
- Las mezclas fabricadas quedan en estado de pendiente hasta ser aprobadas por Control de Calidad.
- Si las mezclas son rechazadas Control de Calidad analiza la posibilidad de realizar un reproceso.
- Una vez aprobadas las mezclas pueden ser envasadas.

Insumos:

- Una vez aprobados, son fraccionados en BM.
- Posteriormente son llevados a la unidad de envase.

Producto terminado:

- Si son rechazados, Control de Calidad debe estudiar la posibilidad de un reproceso.
- Si el producto terminado es aprobado se puede embalar, para posteriormente ser trasladado a la Bodega de Producto Terminado (BPT).
- Desde BPT, los productos son trasladados a la Bodega de despacho en donde permanecerán hasta que sean distribuidos a sus respectivos puntos de venta.

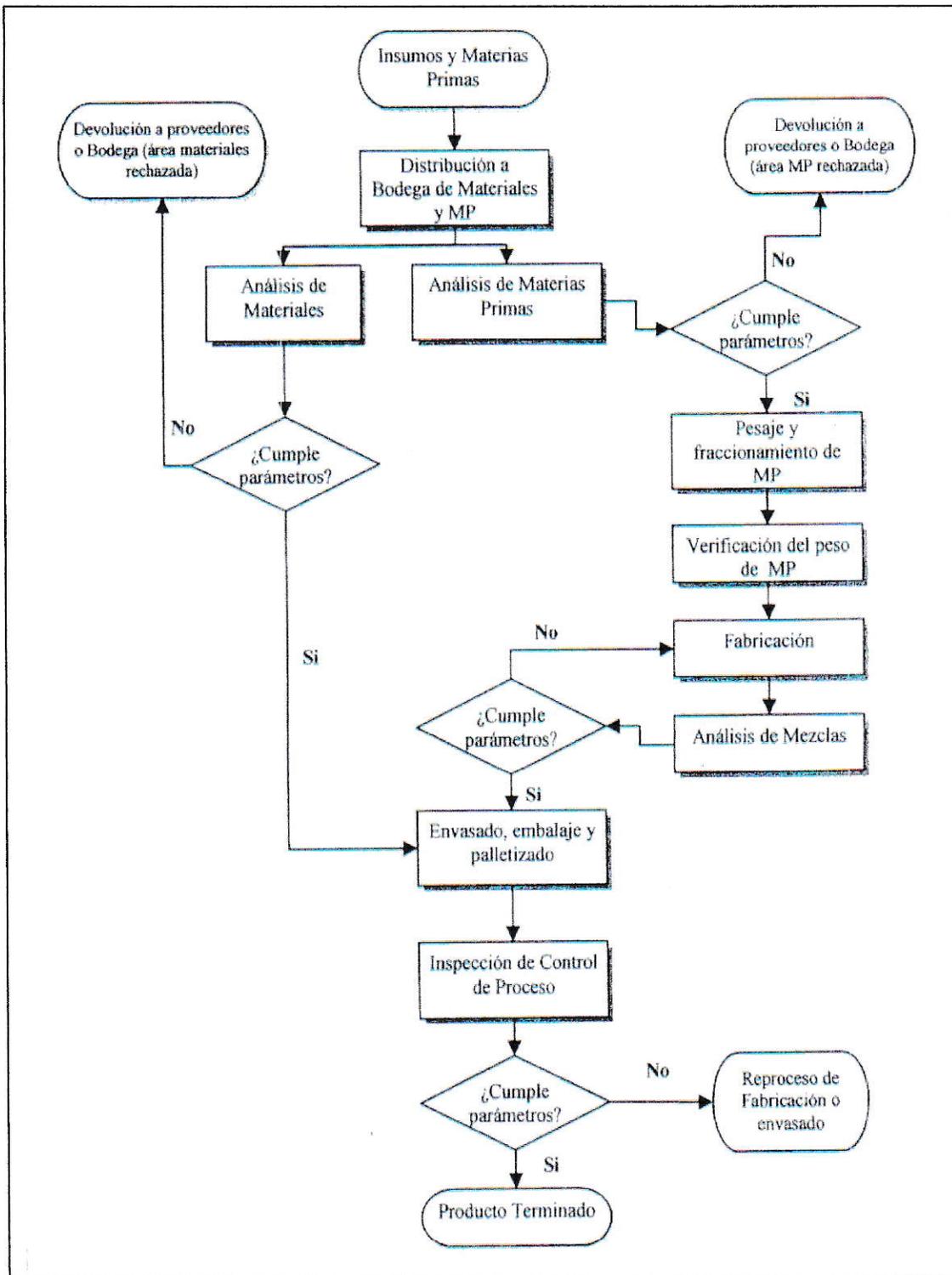


Figura 1: Diagrama de Flujo de Producción.

Acerca de los RILes que se producen, en su mayoría pertenecen a residuos líquidos no peligrosos, ya que provienen de la sección de producción de artículos de higiene personal y cosméticos, los cuales pueden ser descargados directamente al alcantarillado, aunque igual sobrepasan algunos parámetros de concentración establecidos en la "Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociada a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado" (Decreto Supremo N° 609), como DBO₅, pH, entre otros, debido a esto se debe cancelar una cantidad de dinero, por un contrato que permite realizar vertidos con un exceso de carga de contaminantes a Eco-riles, empresa responsable de tratar las aguas pertenecientes al Sistema de Alcantarillado.

Recientemente (Marzo 2007) se ha integrado una nueva línea de producción denominada como productos de limpieza, la cual genera RILes de características toxicas. Laboratorios Davis con el fin de cumplir con la normativa vigente de descarga al alcantarillado y además de disminuir los costos asociados al pago de dinero a Ecoriles, a decidido tratar en forma total los RILes generados por la empresa, pero ha surgido un requerimiento adicional, ya que primero es necesario realizar un pre tratamiento de RILes pertenecientes a la sección donde se elaboran productos de limpieza ya que estos traen grandes cantidades de Cloro Libre Residual y Cloro Combinado Residual. Estas especies perjudican en forma grave a los procesos que realizara la planta de tratamiento, que se pretende construir, específicamente en la sección de tratamiento biológico (lodos activados). Además se destruyen las instalaciones del alcantarillado ya que estas especies son oxidantes y corrosivas.

De acuerdo a esto se a propuesto realizar un pretatamiento inmediatamente a la salida de la planta de productos de limpieza, por lo tanto se tendrá que elaborar e

implementar un Sistema de Tratamiento que sea efectivo para abatir los contaminantes producidos por esta sección.

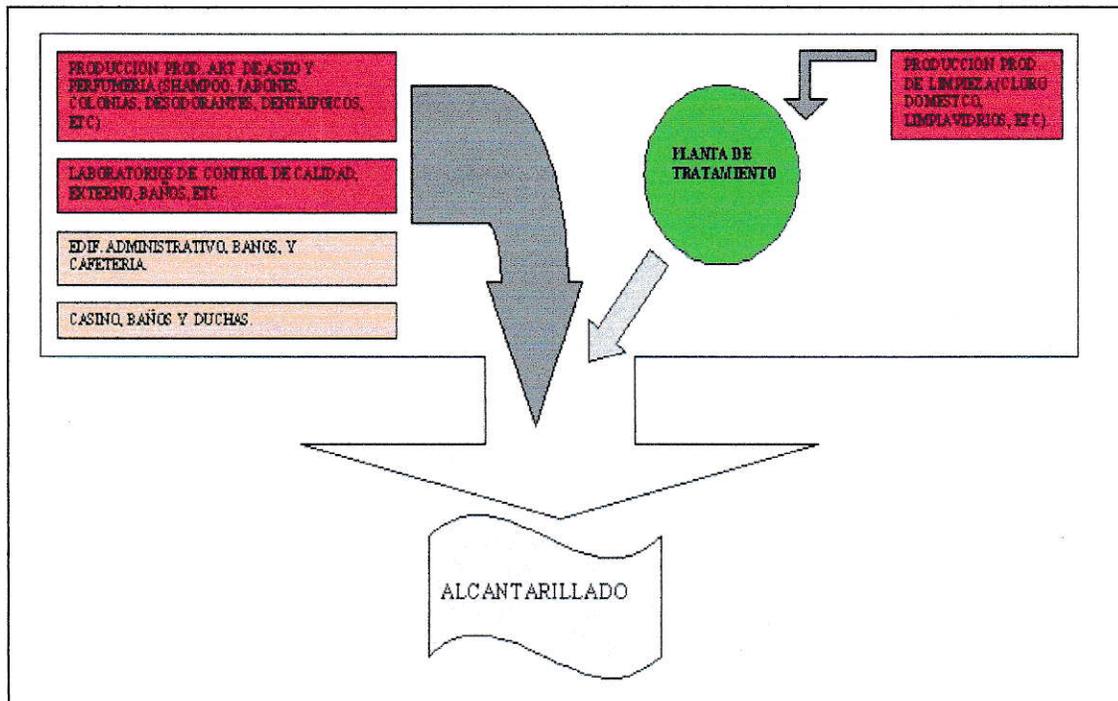


Figura 2: Esquema de RILes pertenecientes a la planta de Laboratorios Davis S.A.

En una primera fase se tendrá que reelaborar un sistema de recolección y crear uno de tratamiento, junto con esto se tendrá que realizar muestreos y ensayos para determinar las características fisicoquímicas y así poder decidir con que cantidades de reactivos se tendrá contar en el tratamiento químico, finalmente se establecerán condiciones de operación para que esta Planta de Tratamiento de RILes funcione correctamente.

Sin perjuicio de lo antes expuesto, es importante mencionar que durante los primeros meses de operación de esta sección nueva, se implementaron medidas que

ayudaron a disminuir la cantidad de RILes generados. Esto se logro implementado medidas de producción limpia como disminución de derrames en la línea de envasado, elaboración de los mismos productos en forma continua para tener que lavar en menos oportunidades los reactores al cambiar de producto y lavar los reactores con chorros de agua a presión para aumentar la eficiencia del lavado y así utilizar menos cantidad de agua.

1.2 Hipótesis

Mediante la implementación de un Sistema de Tratamiento de RILes se pueden abatir especies contaminantes derivadas del Cloro, generados por la elaboración de productos de limpieza, a través de un plan de trabajo que consiste en el rediseño, construcción y operación de una Planta de Tratamiento de RILes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Abatir especies cloradas, provenientes del proceso de elaboración de productos de limpieza, mediante la implementación de un Sistema de Tratamiento de RILes.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el RIL en su composición y propiedades fisicoquímicas.
- Cuantificar el RIL a tratar.
- Rediseñar un Sistema de Tratamiento de RILes.
- Realizar tratamientos de prueba.
- Entrenar al personal de control y operación.
- Poner en funcionamiento la Planta de Tratamiento de RILes.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Naturaleza de los RILes generados.

La calidad de las aguas a tratar es variable, ya que depende exclusivamente de las características de las materias primas en la elaboración de productos de limpieza.

En momentos puede ser un RIL con altas concentraciones de ClO^- cuando se fabrican solo productos que como materia prima fundamental utilizan NaClO en solución. Otro es el caso cuando las concentraciones de Cloro Libre Residual en comparación a las de Cloro Total Residual son menores, en este caso se producen monocloraminas ya que se utilizan como materias primas NaClO y $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$.

Con esta información de antemano se realizó un estudio con respecto a las materias primas utilizadas durante el mes de Agosto del 2007 y se calculó las proporciones de materias primas utilizadas.

Se recopiló la información de los productos que se realizan y en que cantidad durante el mes, se estudio la formulación de cada uno de estos para obtener la cantidad exacta de cada materia prima utilizada en su elaboración, luego se sumaron las cantidades de cada materia prima utilizada en los productos durante el mes de Agosto.

Según los datos históricos esta producción se ha mantenido durante varios meses, así que la variación con respecto a las cantidades de materias primas es casi nula.

2.2. Cantidades de RIL generados.

Para calcular la cantidad de RIL generado, se realizó una separación de líquidos, los que provienen directamente del área de producción y los que provienen de equipo de osmosis inversa. Estos dos líquidos inicialmente se juntan en las canaletas del piso de producción y salen mezclados por una cañería común. El agua de residuo del equipo de osmosis inversa se pretende separar enviándolo por una cañería aparte que desemboque físicamente después del estanque donde se pretende acumular el RIL.

Existe un estanque de almacenamiento de RIL de aproximadamente unos 2 m³, en el que se pudo cuantificar el RIL generado diariamente.

Se realizaron mediciones por varios días para tener un promedio, máxima y mínima cantidad de RIL generado, esto tomando turnos en que la producción fue máxima (lavado de líneas de producción, lavado de estanque y reactores además de las actividades comunes de limpieza diaria) y mínima (periodos en que la producción baja y solo se realizan las actividades de limpieza común).

2.3. Rediseño de la Planta de Tratamiento de RILes según la factibilidad operacional.

La PTR se completó según los datos obtenidos anteriormente como son la calidad del RIL, concentraciones de contaminantes, volumen diario, además considerando aprovechar la instalaciones ya construidas (estanque de almacenamiento) y equipos de segunda mano que existen en la empresa (bombas sumergibles y agitador).

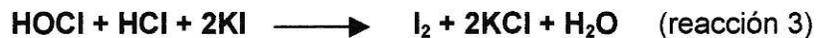
También se toma en cuenta la simplificación del proceso elegido, tomando en cuenta la disponibilidad de recursos monetarios.

2.3.1 Metodología analítica utilizada para la determinación de la concentración de Cloro Total presente en el RIL

Dentro de las etapas del proceso se encuentra el análisis que se debe realizar en el LCC y el cálculo de la cantidad de Metabisulfito de Sodio a agregar en el RIL. La metodología analítica utilizada para la determinación de la concentración de Cloro Total presente en el RIL se describe a continuación.

Principio

El Cloro en solución ácida oxida al ion Ioduro a Iodo, el cual se titula con una solución patrón de Tiosulfato de Sodio empleando como indicador Almidón. La titulación se lleva a cabo a un pH menor que 4, porque la reacción no es estequiometrica a pH neutro debido a la oxidación parcial del Tiosulfato a Sulfato (Environment Canada, 2003).



Preparación de soluciones

Cada solución es preparada, de acuerdo a los siguientes procedimientos.

- Almidón: masar un gramo de Almidón p.a y agregar 10 mL de agua fría, adicionar con agitación constante sobre 200 mL de agua hirviendo. Hervir la muestra hasta obtener un líquido translucido. Dejar reposar y usar solo el sobrenadante.

- Tiosulfato de sodio 0,1 N: solución títrol (TT) para 1L. vaciar el contenido del TT en un matraz aforado de 1000 mL, enrasar con agua destilada hasta aforo, homogenizar y traspasar a un frasco ámbar.
- Ioduro de Potasio al 10%: pesar 100 g de KI y traspasar a un matraz aforado de 1000 mL, enrasar con agua destilada hasta aforo, homogenizar y traspasar a un frasco ámbar.

Procedimiento

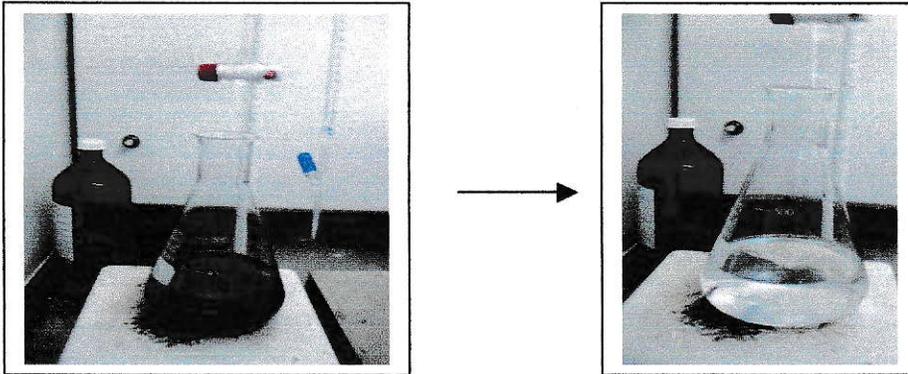
Pesar 15 g aproximadamente de muestra, transferir cuantitativamente a un matraz erlenmeyer de 500 mL usando 250 mL de agua destilada. Agregar 15 mL de Ioduro de Potasio al 10% y 15 mL de solución de Acido Acético Glacial para obtener un pH menor que 4.



Figura 3: RIL con Ioduro de Potasio acidificado con Acido Acético Glacial.

Agitar y titular con Tiosulfato de Sodio 0,1 N hasta que la solución vire a color amarillo suave.

Agregar 1 mL de Almidón y seguir titulando hasta punto final. (Viraje incoloro)



Figuras 4 y 5: Viraje de color en el punto de equivalencia.

Calculo para determinar la concentración de Cloro Total Residual en la muestra de RIL.

$$\% \text{ de Cloro Total} = (V * 3,546 * N) / W$$

Donde:

V = Volumen de Tiosulfato de Sodio gastado en titulación (mL).

N = Concentración de Tiosulfato de Sodio (N).

W = Cantidad de muestra pesada (g).

Esta es la formula simplificada, ya que se utiliza para que la persona que realice el calculo no tenga que estar realizando conversiones y el proceso sea mas rápido, solo hay que reemplazar las cantidades numéricas por los números correspondientes, ver anexo 2.

[Cloro Total] x volumen de RIL = gramos de Cloro Total presentes en el estanque de tratamiento.

- [Cloro total] = % p/v (g/100 mL) se obtiene del ensayo realizado a la muestra de RIL en el LCC.
- Volumen de RIL = 700 L

La cantidad que hay que agregar depende de la concentración en que se encuentre el Cloro Total ya que el Metabisulfito de Sodio es un fuerte reductor y tiene la capacidad de reducir el Cloro Libre y el Combinado, y viene dada por la siguiente relación:

1g de Cloro residual —————> 2,68 g de Metabisulfito de Sodio.
X g de Cloro residual —————> Y g de Metabisulfito de Sodio.

Esta relación viene de la reacción 1, ya que se sabe que 1 mol de Metabisulfito de Sodio reacciona con 2 moles de OCl^- , luego de conocer sus masas molares se establece la relación.

Corrección de la cantidad de Metabisulfito de Sodio a agregar.

En el laboratorio una vez calculados los gramos de Metabisulfito de Sodio, se agrega esta cantidad a 100 mL de RIL.

Se agita por un periodo de 30 minutos, luego se adicionan los reactivos utilizados en la titulación menos la solución de Tiosulfato de Sodio, si la muestra queda

transparente, quiere decir que el RIL ha sido tratado y que el OCl^- a pasado a Cl^- , pero también existe la preocupación de sobre estimar la cantidad de Metabisulfito de Sodio en el tratamiento.

Para calcular la cantidad extra de Metabisulfito de Sodio agregada se debe realizar lo siguiente:

Se agrega con una bureta gota a gota RIL al RIL tratado (mezclado con los reactivos) con una agitación de 30 minutos.

Este RIL tratado vira de transparente a amarillo, lo que nos indica que la cantidad adicionada de Metabisulfito de Sodio es mayor a la necesaria para realizar el tratamiento del RIL, por lo que se debe restar esta cantidad extra calculada a la cantidad inicial.

2.3.2. Descripción del Reactivo y de Equipos.

Los equipos utilizados en esta PTR son en su mayoría equipos de segunda mano que se encontraban dentro del laboratorio y que están en buenas condiciones operativas.

- Metabisulfito de Sodio.

Formula química: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$

Masa Molar: 190,12 g/mol

Estado físico: Polvo o cristales

Color: Blanco a blanco apagado

Olor: Desde ninguno hasta punzante. Olor a anhídrido sulfuroso

Recomendaciones:

Es necesario pedir cada 3 semanas aproximadamente 1 saco de 25 Kg, esta es una recomendación, ya que por el cálculo realizado se utilizan 30 Kg aproximadamente al mes.



Figura 6: Saco de Metabisulfito de Sodio de 25 Kg.

- Bombas eléctricas sumergibles.

Una de estas bombas ya existía y su función era descargar el RIL acumulado hacia el alcantarillado, en estos momento sigue cumpliendo esa función pero ahora lo que descarga es un RIL tratado. En homologación a esta bomba sumergible, se consiguió dentro de las instalaciones una bomba sumergible relativamente parecida y que cumple la función de traspasar el RIL acumulado al estanque de tratamiento.

Especificaciones técnicas:

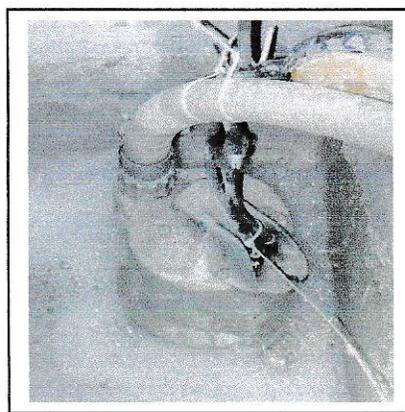
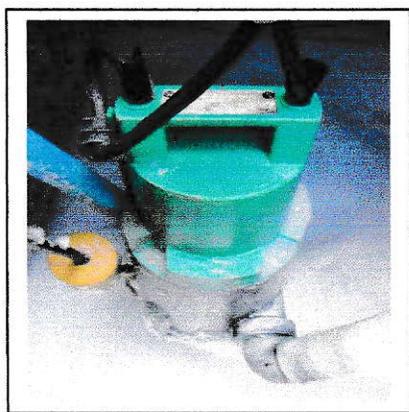
Peso: 5,7 y 4,8 Kg.

Potencia absorbida: 550 y 500 Wats.

Caudal máximo: 1,83 y 1,45 L/min.

Altura máxima: 8,5 y 6m.

Máxima inmersión: 5 y 4m.

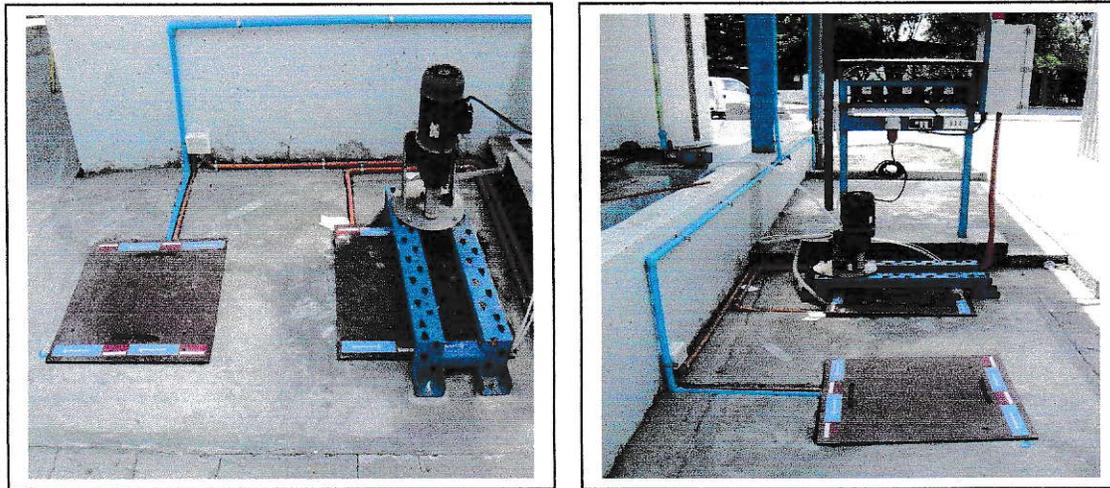


Figuras 7 y 8: Bombas eléctricas sumergibles, pertenecientes al estanque de almacenamiento y tratamiento respectivamente.

- Estanque de Almacenamiento y Tratamiento.

Estos estanques se encuentran en el acceso principal de la planta de elaboración de productos de limpieza, a nivel de la superficie, con una profundidad de 1m, colindan entre si, son de geometría rectangular, estructuralmente están contruidos con concreto resistencia H-30, con espesor de pared de 25 cm. y han sido revestidos con una capa impermeabilizante de mortero especial de 1cm de grosor.

La capacidad de estos estanques es de 1,3 y 0,7 m³ respectivamente.



Figuras 9 y 10: Estanques de almacenamiento y tratamiento de RIL, vista frontal y lateral.

- Agitador.

Este agitador fue obtenido en el proceso de producción y se encuentra en perfectas condiciones de operación, se necesita aproximadamente 65 minutos por turno en la operación de tratamiento.

El agitador se encuentra en un soporte en la parte superior del estanque de tratamiento, el cual lleva adosado un vástago, de 0,7 m de longitud con una bi aspa de 3 puntas cada una de acero inoxidable.

Especificaciones técnicas:

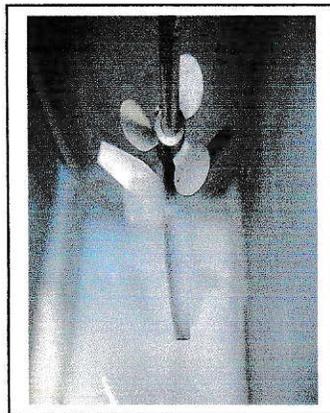
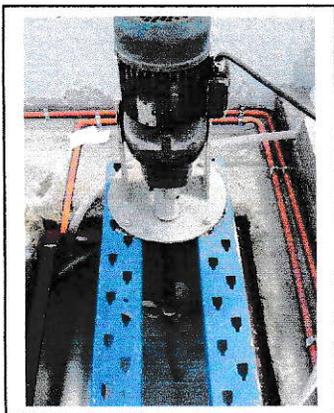
Agitador: eléctrico con motor trifásico.

Peso total: 11,3 Kg

RPM: 300

Vástago: longitud 0,7 m, acero inoxidable.

Aspa: bi-aspas de tres puntas, acero inoxidable.



Figuras 11 y 12: Agitador eléctrico y vástago con aspas.

2.4. Puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de RILes iniciando el proceso de marcha con Pruebas de Ensayo y finalmente una Prueba Piloto.

Luego de construir e implementar con equipamiento y reactivos, se pone en marcha la PTR, realizando tratamientos de prueba y analizando todas las variantes que se puedan generar, por lo demás hay que recordar que si bien el tratamiento esta diseñado teórica y empíricamente, existen desviaciones que solo se pueden rectificar a través de ensayos de corrección.

Al termino de las posibles correcciones se crea el procedimiento de operación y se entrena al personal asignado para operar la Planta de Tratamiento de RILes.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización del RIL, de acuerdo a las materias primas ocupadas en la elaboración de productos de limpieza.

En la siguiente figura (Figura 13) se presenta el grafico porcentual de materias primas utilizadas en la elaboración de productos de limpieza durante un mes.

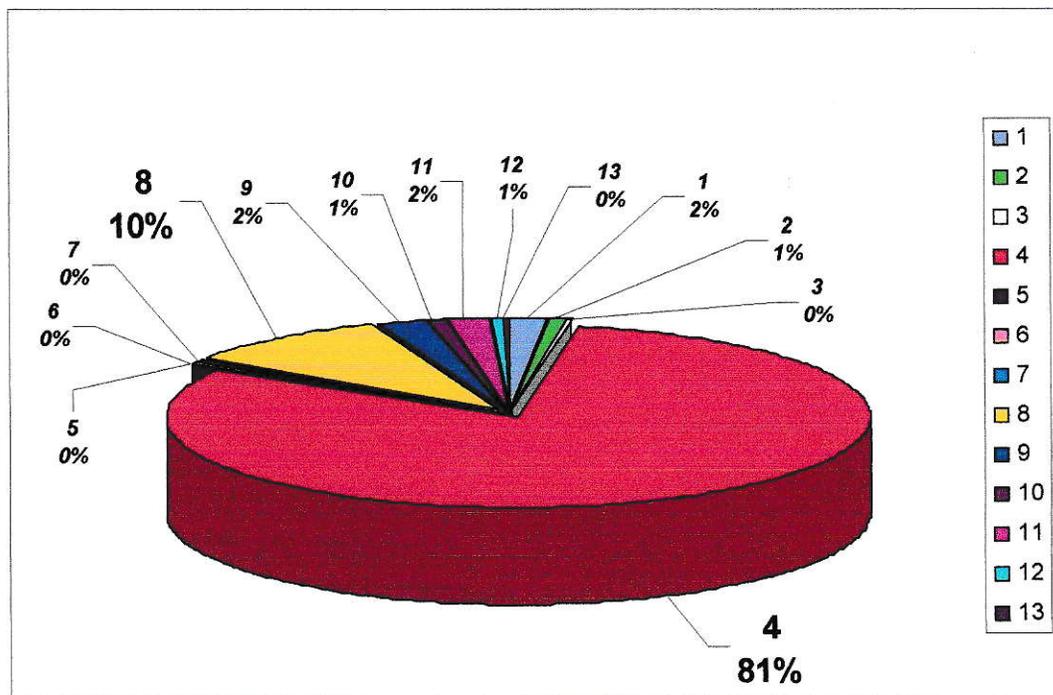


Figura 13: Porcentaje de materias primas en RILes de la planta de productos de limpieza según producción mensual (Agosto 2007).

En la figura se puede observar que las cantidades de Hipoclorito de Sodio (color rojo) y la de Amoniaco (color amarillo), son mayoritarias con respecto a las demás materias primas utilizadas en el proceso de producción.

El Hipoclorito de Sodio en agua produce la siguiente hidrólisis (Stenstrom & Tran, 1984):



Además existe el siguiente equilibrio de disociación:

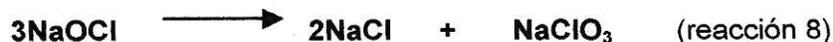


Aun cuando esta reacción debiera dar como resultado una solución con pH neutro, no es así, ya que en su elaboración el Hipoclorito de Sodio como materia prima es necesario agregarle un exceso de Hidróxido de Sodio (<http://www.powellfab.com>).



La cantidad mínima de exceso de Hidróxido de Sodio en aplicaciones normales es de 0,3 gramos por litro, con un pH aproximado de 11,86, porcentualmente es un 0,025% en peso con respecto al Hipoclorito de Sodio. Cualquier exceso de Hidróxido de Sodio por debajo de 0,025% causará una disminución de pH con el tiempo lo cual producirá una descomposición más rápida.

Si la producción de Hipoclorito de Sodio ocurre a pH menor de 10 se forma Acido Hipocloroso el cual dismuta a Cloro y Clorato (<http://www.powellfab.com>).



De lo antes mencionado se puede obtener un pH alcalino >9, pudiendo encontrar en forma predominante de OCl^- .

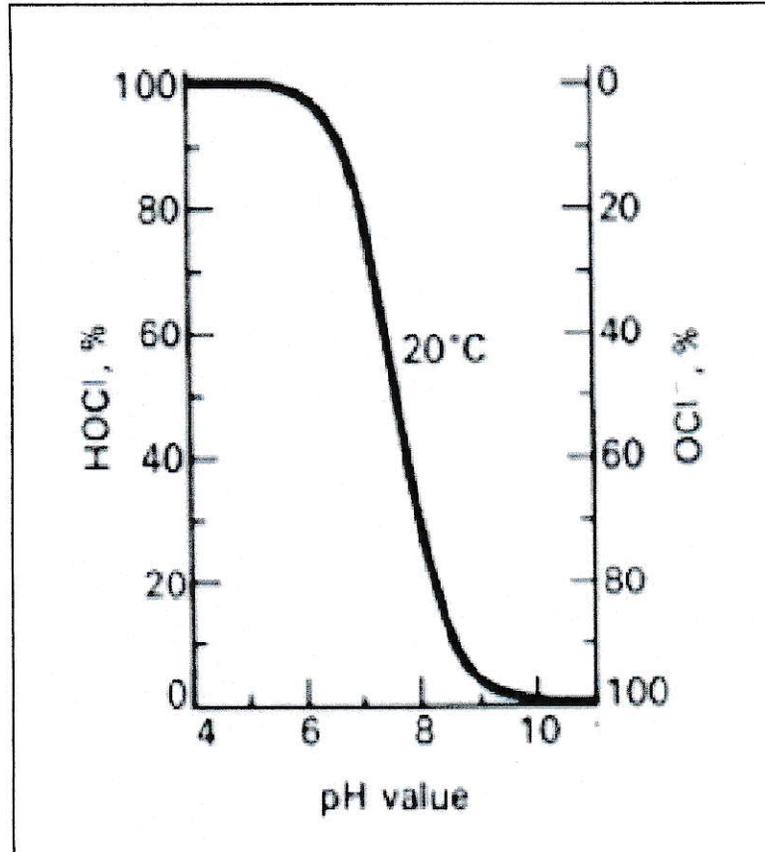


Figura 14: Distribución de concentraciones de HClO y OCl^- según el pH a 20 °C (Environment Canada, 2003).

Además puede existir la formación de un porcentaje pequeño de cloraminas (Stenstrom & Tran, 1984):



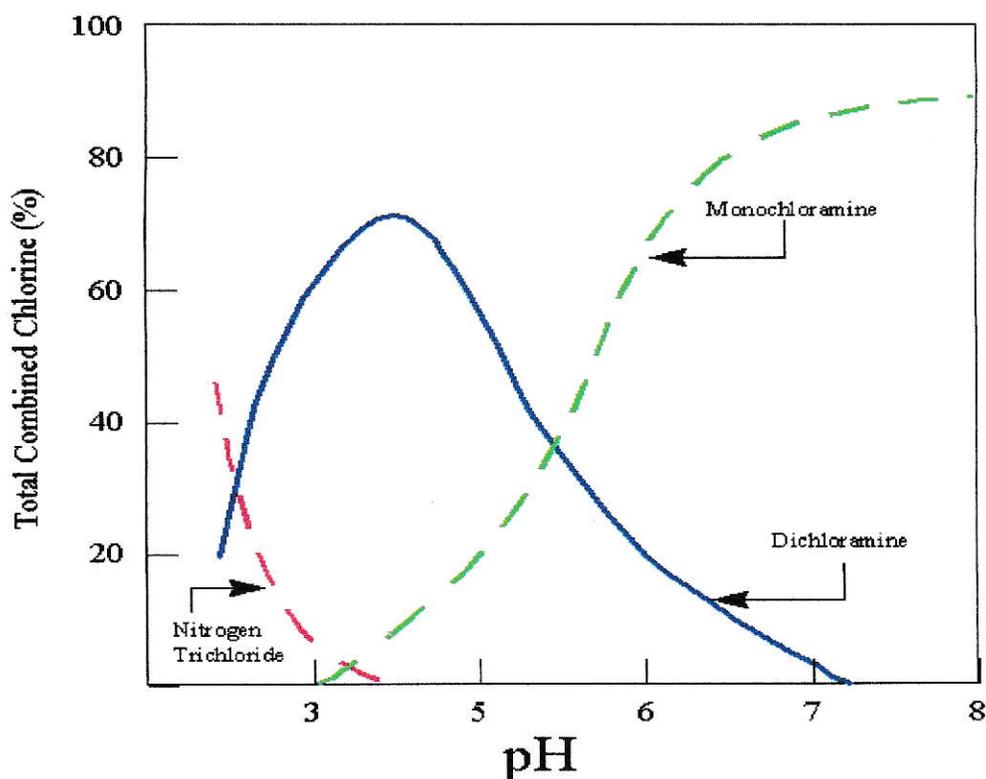


Figura 15: Distribución de Cloro Combinado Residual según el pH (J. Park, 2006).

En el RIL generado existe la formación de cloraminas, ya que, las cantidades porcentuales en mg/L de Cloro y Amoniaco están en relación de 5,6:1 aproximadamente, y la concentración de Cloro (ClO^-) no es suficiente para llegar al breakpoint. (teóricamente la reacción ponderal entre el Cloro y el Nitrógeno amoniacal en el breakpoint es 7,6:1), por lo que la formación de cloraminas es evidente, ya que la relación real existente calza justo en el primer pic de la figura, el cual nos indica la máxima formación de compuestos organoclorados y cloraminas (Environment Canada, 2003).

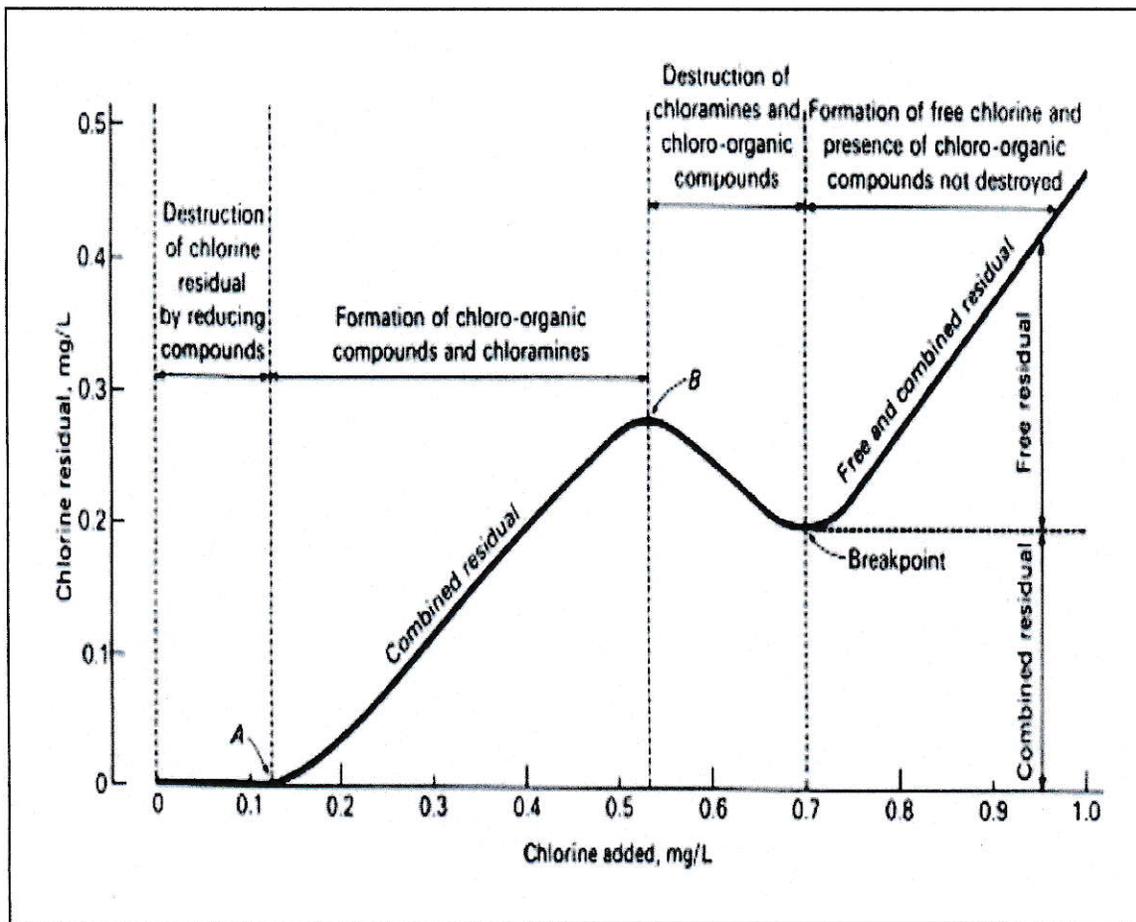


Figura 16: Etapas de existencia de concentraciones de Cloro Residual según la concentración de Cloro adicionado (Environment Canada, 2003).

- 1^{era} etapa: Destrucción del Cloro Residual por compuestos reductores.
- 2^{da} etapa: Formación de compuestos organoclorados y cloraminas.
- 3^{era} etapa: Destrucción de cloraminas y compuestos organoclorados.
- 4^{ta} etapa: Formación de Cloro Libre.

3.2. Cantidad de RIL generado por el proceso de elaboración de productos de limpieza, correspondiente al mes de Agosto.

Los volúmenes obtenidos son de importancia, ya que, nos permite conocer el rango de volumen de RIL generado, y poder establecer condiciones de tratamiento aun cuando exista máxima o mínima producción.

Tabla 1: Volúmenes pertenecientes al RIL total diario.

Día	Volumen (m ³)
20	0,6
21	0,8
22	1,2
23	1
24	1,1
27	0,9
28	1,2
29	0,7
30	1,3
31	1,2

Con estos datos se establecieron las cantidades máximas y mínimas de RIL generados diariamente, además se estableció un promedio.

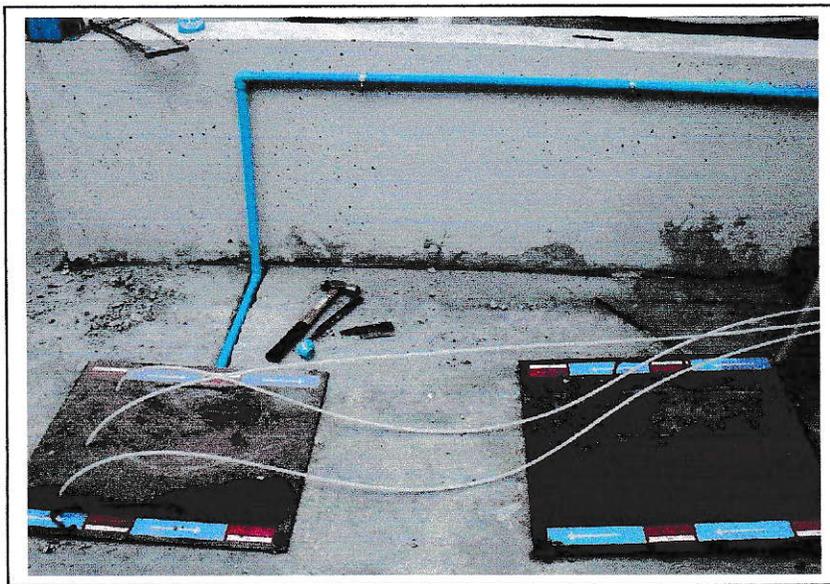
Volumen mínimo y máximo = 0,6 m³ y 1,3 m³

Volumen promedio = 1 m³

3.3. Rediseño de la Planta de Tratamiento de RILes y operación del proceso de tratamiento.

3.3.1. Problemas encontrados en el prediseño de la Planta de Tratamiento de RILes:

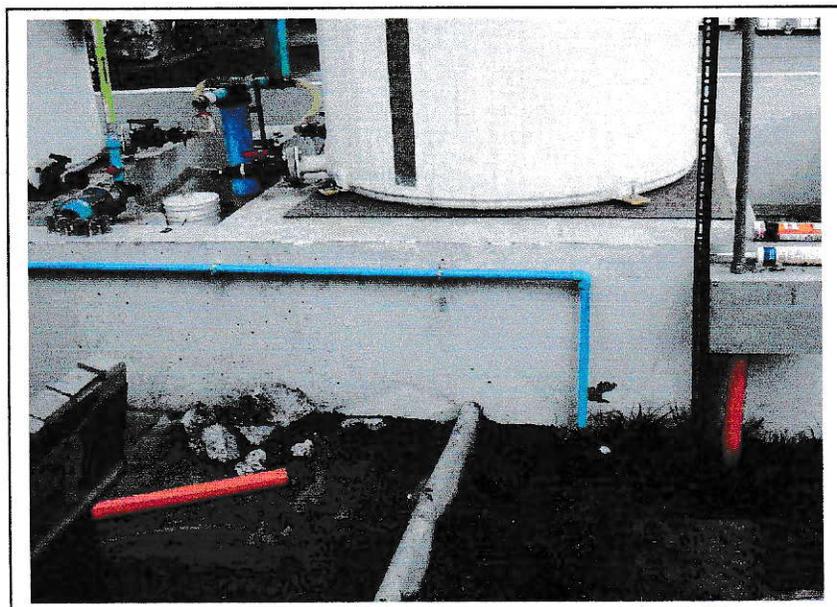
El RIL generado es aproximadamente de 10 m³ día, ya que existe un equipo de osmosis inversa que vierte el agua dura sobrante junto con los RILes de la producción, por lo tanto se tuvo que realizar un ducto de desviación (figuras 17: a, b y c) eliminando directamente esta agua dura al alcantarillado con el fin de concentrar el RIL y así tener un volumen de este relativamente bajo, en consecuencia pudiendo utilizar el estanque que existe para la recolección y tratamiento, además existe la posibilidad de que se descargue esta agua al estanque de acumulación, con la finalidad de diluir o apurar un proceso de tratamiento en que no tenga suficiente volumen de RIL para ser tratado.



(a)



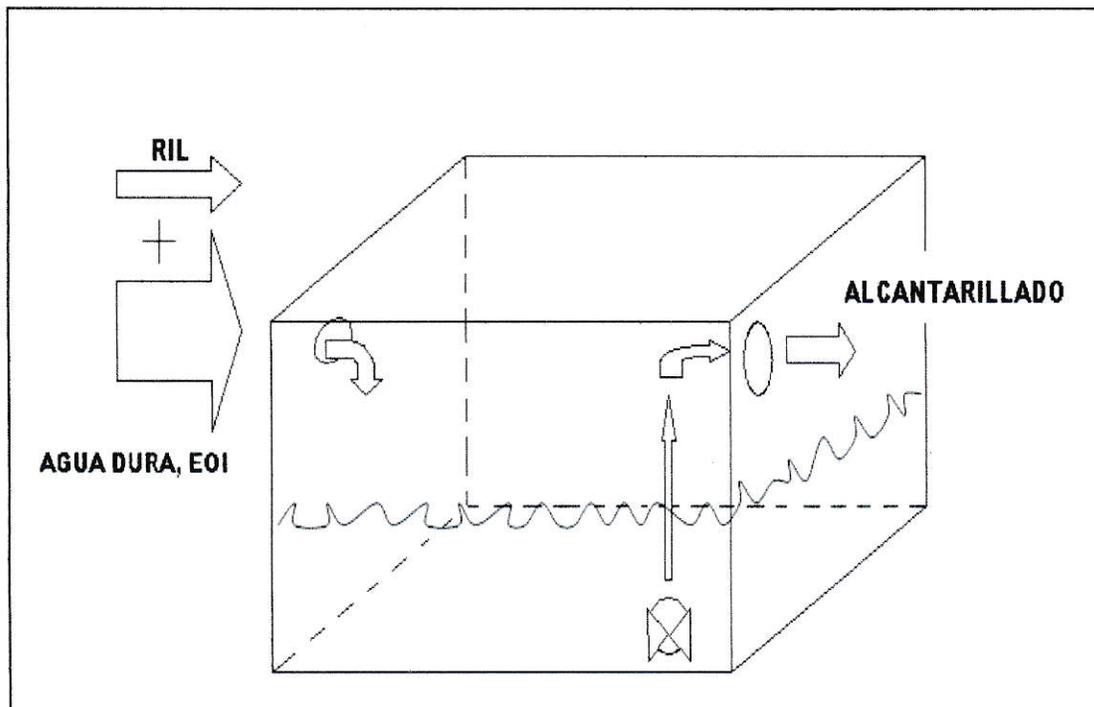
(b)



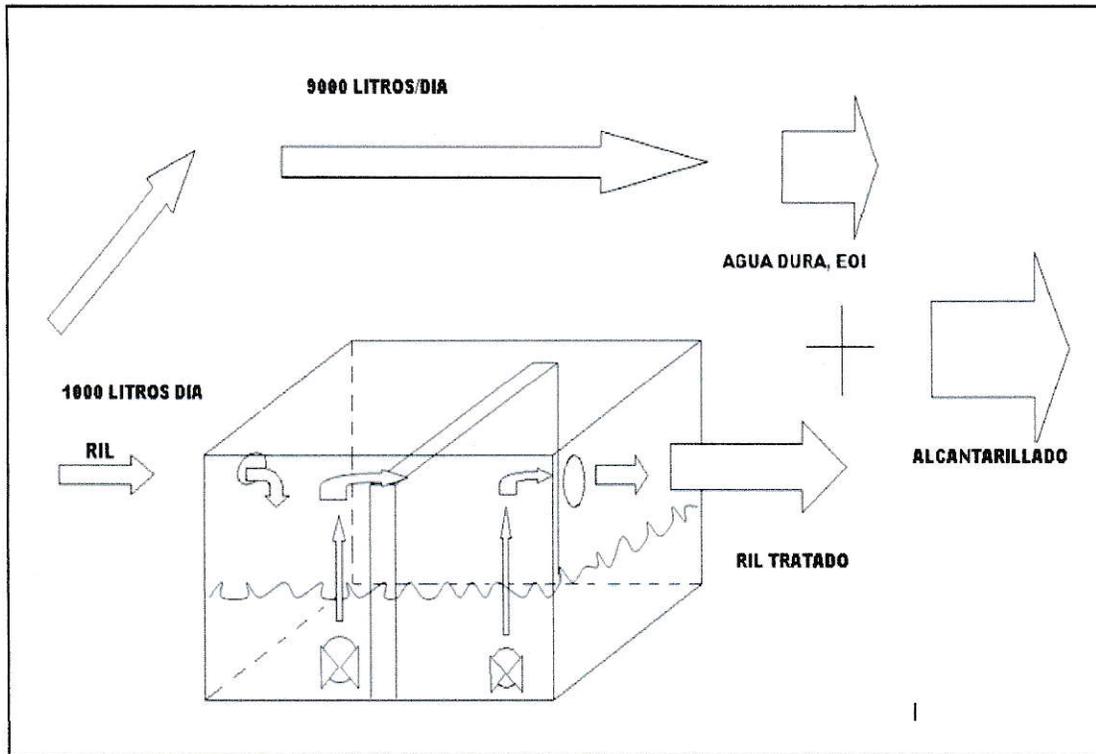
(c)

Figuras 17 (a, b y c): Ductos de desviación realizado en la Planta de Tratamiento de RILes.

La PTR cuenta con un estanque, en el cual se pensaba recolectar y tratar el RIL generado por la elaboración de productos de limpieza, el problema generado es que si bien este estanque sirve para la recolección del RIL, no permite tener una concentración exacta del Cloro que se desea determinar, por lo tanto se separó este estanque en dos, uno para la recepción y el otro para el tratamiento.



(a)



(b)

Figuras 18: Estanque Inicial (a) y Estanque Final (b).

La Planta de Tratamiento inicialmente cuenta con tres bombas dosificadoras, supuestamente dos bombas para ajustar el pH del RIL y otra para agregar el Metabisulfito de Sodio en solución. Estas bombas quedan inactivas ya que no cumplían con la función requerida, porque no existirá la necesidad de ajustar de pH, y como las concentraciones de Cloro son muy altas la bomba dosificadora no alcanzaría a adicionar la cantidad de Metabisulfito de Sodio. La capacidad de estas bombas son de 1,5 litro/hora y la cantidad a agregar es superior a este rendimiento, además las limitantes económicas son de gran importancia, por esto se determinó agregar el Metabisulfito de Sodio en polvo directamente al RIL.

3.3.2. Diseño final de la Planta de Tratamiento de RILes.

La PTR tiene una capacidad máxima de tratamiento de 3 m³/turno de RIL, esto obedece a la rapidez con que ocurre el proceso de tratamiento con respecto a la capacidad de RIL que se genera diariamente, por lo tanto, la planta esta preparada para situaciones de sobre producción de hasta 5 veces lo habitual o para posibles ampliaciones que puede sufrir esta sección productiva.

Cada tratamiento demora aproximadamente 2 horas y en cada uno de estos se tratan 0,7 m³ de RIL. Cada turno corresponde a un periodo de 8 horas, realizándose dos turnos diarios generalmente.

La planta se diseño con dos estanques colindantes, uno de almacenamiento y el otro de tratamiento con capacidad 1,4 m³ y 0,7 m³ respectivamente.

El primer estanque funciona como receptor del RIL y cuando este alcanza un volumen de 0,7 m³ se vacía automáticamente, trasladando el RIL al estanque aledaño, donde comienza el Sistema de Tratamiento.

El Sistema de Tratamiento cuenta de varios pasos:

1. Agitación y Homogenización del RIL
2. Muestreo
3. Análisis en el Laboratorio de Control de Calidad y cálculo de la cantidad de Metabisulfito de Sodio a agregar.
4. Dosificación del Metasulfito de Sodio en la PTR.
5. Agitación y Estabilización.
6. Descarga.

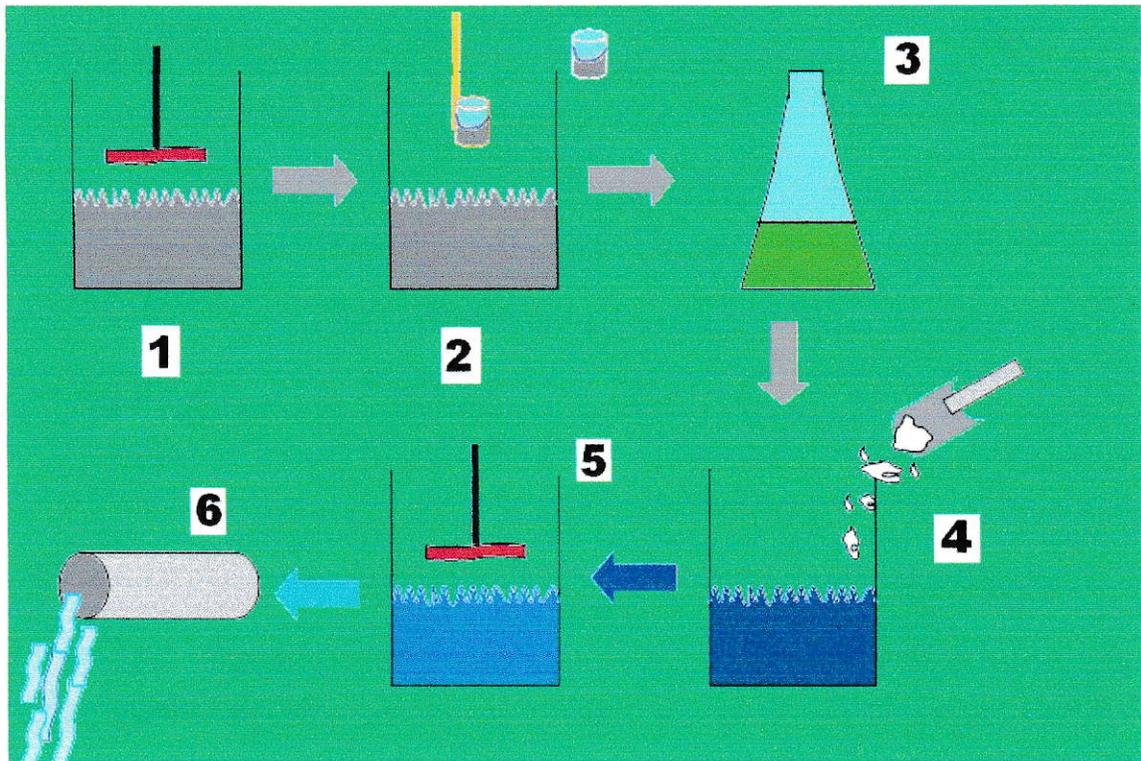


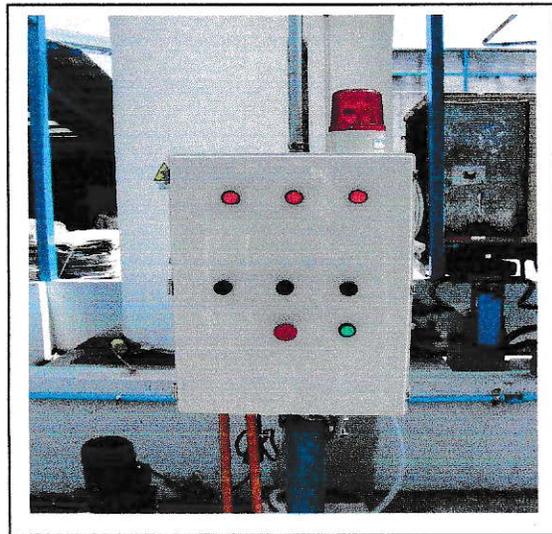
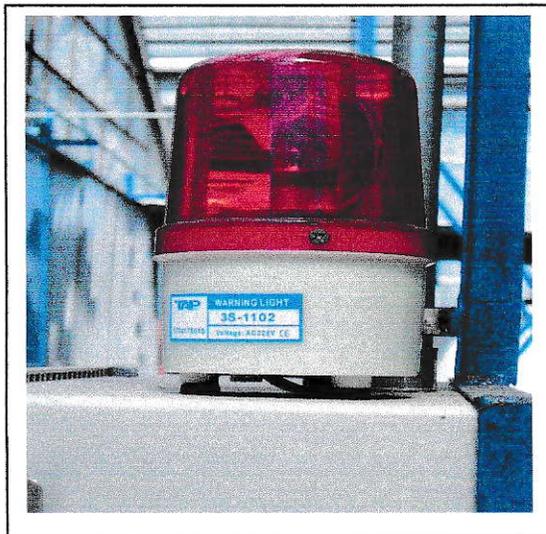
Figura 19: Diagrama de Etapas del Tratamiento de RILes.

3.3.2.1. Descripción de las etapas del proceso

- Agitación y Homogenización del RIL.

Esta etapa es necesaria para tener un RIL homogéneo y poder realizar un muestreo representativo, debido a que existe la estratificación de sólidos suspendidos en la cámara de recolección.

Ingresa el RIL (0,7 m³) desde el estanque de acumulación, automáticamente comienza la agitación por un periodo de 5 min. para homogenizar el RIL, junto con esto existe una señal luminosa que se encuentra en la PTR y también dentro de la Planta de de Producción y que se enciende automáticamente iniciado el proceso de agitación, gracias a esto el operador podrá visualizar la señal y se alistara para tomar la muestra del RIL.



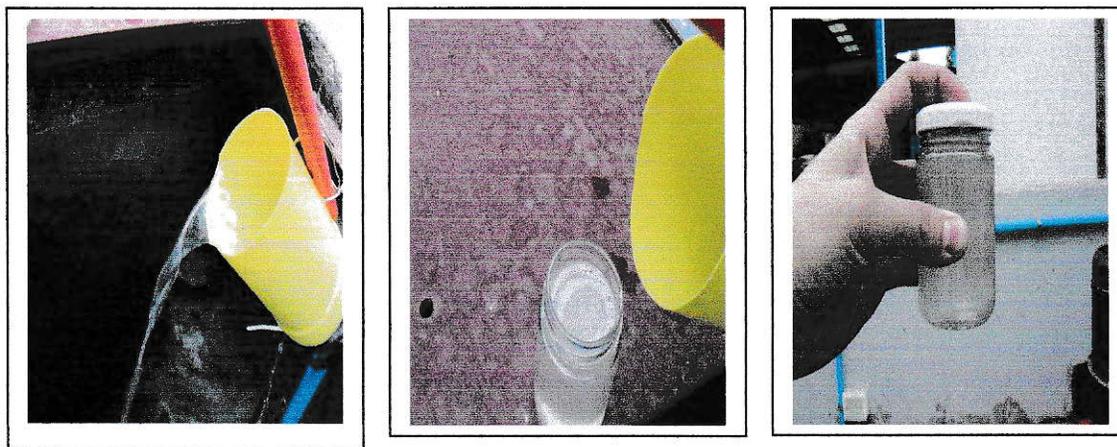
Figuras 20 y 21: Señal visual de aviso al operador y tablero eléctrico de operación de equipos.

- Muestreo.

El muestreo se realiza tomando una cantidad aproximada de 150 mL los que se recolectan en un frasco de vidrio tapado y luego se llevara al LCC para su análisis.

Durante el muestreo el operario debe permanecer con sus elementos de protección personal.

La muestra del RIL tomada debe ser inmediatamente llevada al LCC, ya que el Cloro en solución acuosa es inestable, la exposición de las muestras a la luz o la agitación fuerte disminuyen la cantidad de Cloro. Las muestras pueden almacenarse por un periodo máximo de 2 horas.



Figuras 22 (a, b y c): Etapas de la toma de muestras.

- Análisis en el Laboratorio de Control de Calidad y cálculo de la cantidad de Metabisulfito de Sodio a agregar.

El responsable del análisis del RIL y de otorgar al operario la cantidad de Metabisulfito de Sodio es el analista que designe el LCC.

En esta etapa se utilizara la metodología de determinación de la concentración de Cloro Total presente en el RIL descrita anteriormente.

- Dosificación de Metabisulfito de Sodio en la PTR.

La cantidad a dosificar es determinada por el LCC, y el operario debe mantener las condiciones necesarias para su seguridad en la manipulación del reactivo, utilizando elementos de protección personal (antiparras, guantes de goma, mascarilla para polvo) y los implementos obligatorios en toda área de la planta de producción (bototos de seguridad y overol).

El operario debe pesar la cantidad necesaria para el tratamiento, Luego llevarla a la PTR, y adicionarla al estanque de tratamiento.

- Agitación y Estabilización

En este proceso se inicia la agitación del RIL para permitir que ocurra con mayor eficacia y eficiencia la decloración. El tiempo requerido para esta operación es de 60 minutos.

- Descarga.

La descarga del RIL es automática y se acciona inmediatamente de finaliza el proceso de agitación de la decloración.

La descarga es directa al alcantarillado, pero cuando se realice el proyecto de tratamiento de todos los RILes de la planta, estos irán a una segunda planta de tratamiento en la cual se realizara un tratamiento mas complejo con respecto a este.

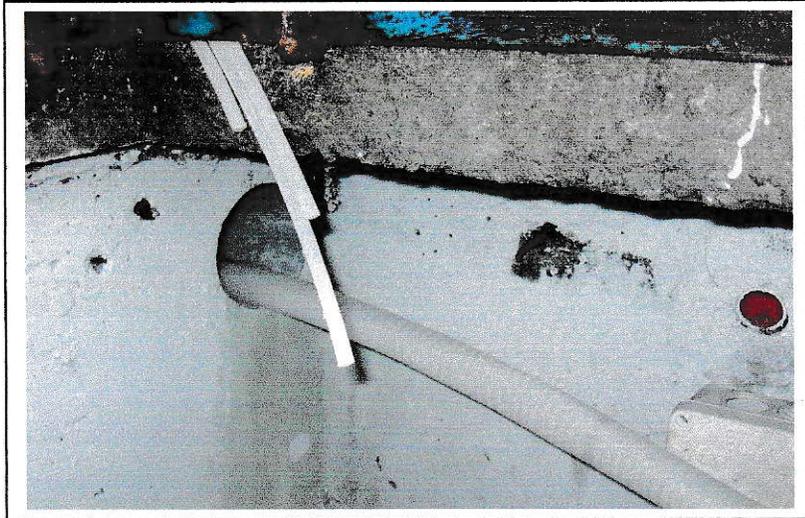


Figura 23: Ducto de descarga que llega directamente al alcantarillado.

3.4. Tratamiento del RIL.

3.4.1.1. Pruebas de ensayo.

Las pruebas de ensayo se realizaron implementando paulatinamente cada paso, en primera oportunidad se comenzó con la medición de concentraciones Cloro en el RIL, esto implica que el operador ya esta al tanto de su labor, y se le ha ordenado que diariamente saque una muestra y la lleve al LCC.

Las muestras analizadas han dado los siguientes resultados de concentración de Cloro.

Tabla 2: Datos correspondientes a muestreo y análisis de RIL (Día, pH, concentración de Cloro Total y gramos de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ a adicionar.

Día	pH	Concentración CT (p/v)	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ a agregar (g)
05-11-07	9,58	0,0012	22,512
06-11-07	9,51	0,081	1519,56
07-11-07	10,01	0,047	881,72
08-11-07	11,81	0,113	2119,88
09-11-07	11,68	0,042	787,92
12-11-07	11,6	0,065	1181,88
13-11-07	10,45	0,075	1407,00
14-11-07	9,77	0,034	637,84
15-11-07	10,70	0,069	1294,44
16-11-07	11,1	0,079	1482,04

Por lo que podemos ver la variación de concentraciones de los distintos días, en consecuencia la cantidad de Metabisulfito de Sodio también varía.

También se puede observar que el pH no varia de acuerdo a la concentración de CT, ya que este es un RIL complejo, y que proviene de un proceso que ocupa como

materia prima en un 81% y un 10% de Hipoclorito de Sodio y Amoniaco respectivamente, quedando un 9% de otras materias primas (14) que lo componen.

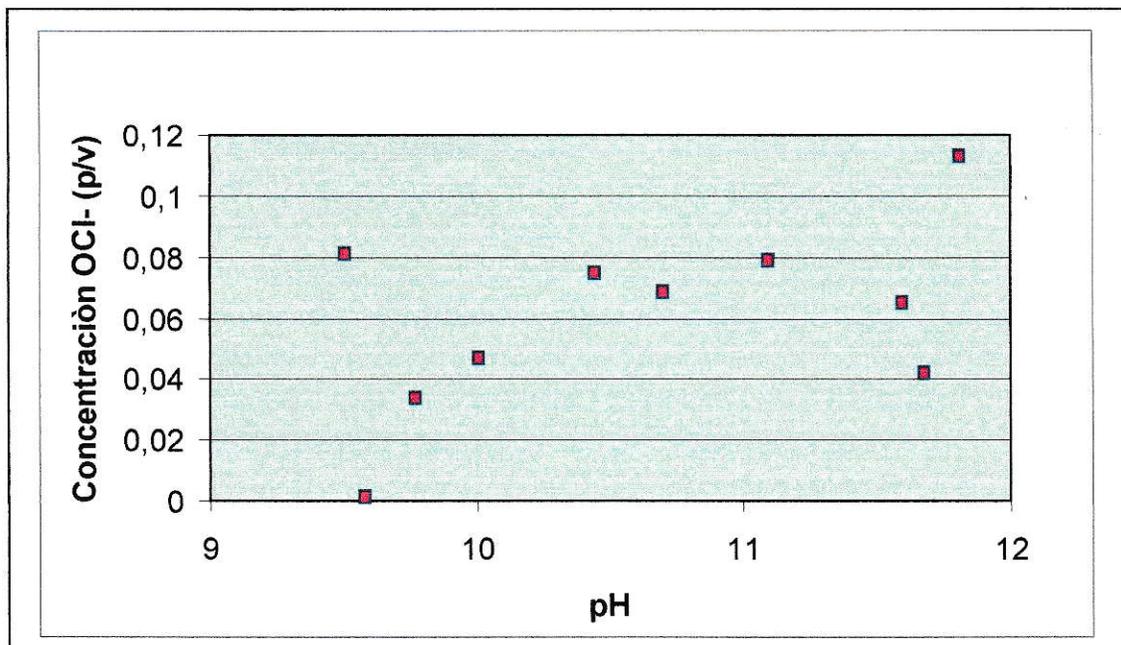


Figura 24: Concentración de OCl⁻ v/s pH.

El pH de un residuo líquido es muy importante, ya que en base a este parámetro se puede discriminar entre un RIL peligroso o uno no peligroso, el límite que especifica el Decreto Supremo N° 148 “Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos” Artículo N° 90, es de 11,5, quedando dentro de la categoría peligrosa los RILes que sobrepasen este pH, por lo tanto en ocasiones el RIL generado pasa a ser un residuo peligroso.

Por lo tanto aquí existe otra necesidad más de tratar este RIL, ya que Unilever a pesar de que su RIL se mezcle con el RIL de Laboratorios Davis (baja el pH), desea mantener una imagen corporativa amigable con el medio ambiente.

3.4.1.2. Determinación del porcentaje de abatimiento.

El porcentaje de abatimiento es el resultado fundamental que arroja un Sistema de Tratamiento de RILes, esto permite tener una idea de como esta funcionando la planta de tratamiento, por lo tanto no es suficiente realizar las correcciones de cantidad de Metabisulfito de Sodio en un tratamiento de laboratorio, si bien este ensayo sirve para acercarse a la realidad, no incluye variables que solo se pueden visualizar en terreno.

Las variables que pueden influenciar en el tratamiento son:

- El cambio de escala, ya que en el laboratorio se tratan mililitros y en la realidad son metros cúbicos.
- Las condiciones del estanque pueden causar desviaciones o interferencias ya que el estanque de tratamiento esta hecho de hormigón y en el laboratorio se ocupa como estanque un matraz erlenmeyer (vidrio).
- La temperatura cambia, ya que en el laboratorio se trabaja con aire acondicionado y en la planta de tratamiento se trabaja a temperatura ambiental.

Por lo tanto se estudiará este aspecto, que permite saber las diferencias de abatimiento entre la cantidad calculada de Metabisulfito de Sodio en el LCC v/s PTR, y así poder determinar si es necesario realizar correcciones en el laboratorio o agregar al procedimiento correcciones de terreno.

Se realizaron mediciones en terreno por 7 días calculando las cantidades de Metabisulfito de Sodio y realizando las posibles correcciones en el laboratorio y determinando si el tratamiento es en porcentaje significativo en terreno.

A continuación se muestran los datos obtenidos

Tabla 3: Resultados de pH y cálculos de % CT (p/v).

Día	pH	% CT (p/v)
06-12-07	9,01	0,052
07-12-07	11,23	0,074
10-12-07	10,86	0,083
11-12-07	9,62	0,041
12-12-07	11,31	0,092
13-12-07	10,48	0,035
14-12-07	9,07	0,047

Tabla 4: Correcciones y Resultados del tratamiento de RILes.

Na ₂ S ₂ O ₅ calculado (g)	Na ₂ S ₂ O ₅ corregido y agregado a la PTR	% CT en RIL tratado en la PTR	% CT (p/v)	exceso o insuficiencia de Na ₂ S ₂ O ₅ (g)
975,52	975,50	96	0,00216	-40,52
1388,24	1256,26	100	0	+64,29
1557,08	1482,01	93	0,00624	-117,06
769,16	781,03	100	0	+47,13
1725,92	1649,35	100	0	+25,08
656,6	709,21	94	0,00223	-41,83
881,72	883,03	97	0,00454	-85,17

De la tabla 4 es posible indicar que si bien existen desviaciones en el cálculo de Metabisulfito de Sodio (laboratorio v/s PTR), el porcentaje de error no es significativo, ya que el objetivo de la gerencia de producción es tener un 90% de abatimiento, de esto se puede concluir que se cumple a grandes rasgos con el abatimiento de una cantidad importante de especies cloradas.

Las correcciones de laboratorio al no ser de un carácter representativo solo se realizarán en forma esporádica, y a pesar de que la única forma de comprobar si existe un exceso o insuficiencia de Metabisulfito de Sodio es tomando muestras al RIL una vez tratado, esta corrección también se realizará en forma esporádica y cuando el tiempo de operación lo permita, ya que el tiempo de tratamiento se aumenta al doble.

3.4.2. Prueba Piloto

La Prueba Piloto se realiza una vez establecidas las condiciones de operación de la Planta de Tratamiento de RILes.

Para esto ha sido necesario entrenar a los operadores de la PTR junto con darles de manera escrita un procedimiento de operación.

También ha sido necesario adiestrar al personal de LCC que analiza la muestra de RIL y calcula la cantidad de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ a agregar.

El proceso se inicia comenzando la descarga del RIL, desde el estanque de almacenamiento al de tratamiento, la cual es anunciada por las valizas puestas en la PTR y la planta de producción, y finaliza cuando el operador da la orden de agitar el RIL al que se le a agregado Metabisulfito de Sodio (esta orden se da en el tablero eléctrico que alimenta y controla el funcionamiento de los equipos de la PTR).

Esta Prueba Piloto ha sido informada a la jefatura de producción y del laboratorio de control de calidad, con esto la PTR ha comenzado a funcionar siguiendo los conductos regulares de la empresa.

IV. DISCUSIÓN

Si bien se sabe que las especies cloradas por ser muy oxidantes causan daños significativos a la vida acuática y a las instalaciones del alcantarillado, no existe una norma que regule y establezca las concentraciones máximas de descarga a sistemas de alcantarillado o aguas superficiales. La única norma que hace referencia a las concentraciones de Cloro Libre Residual es la norma chilena 409 publicada en 1984, que establece los requisitos que debe cumplir el agua potable. Por lo tanto es necesario realizar correcciones a la actual norma de emisión (DS N° 609).

Dentro de las condiciones que había impuesto Unilever de ajustar el pH y abatir las especies cloradas, la primera fue omitida, ya que este parámetro se pretende ajustar en la futura planta de tratamiento general de RILes de Laboratorios Davis. A pesar de esto se podría haber ajustado el pH mediante un sistema automático y solo hubiese sido necesario trasladar este equipo cuando se pusiera en marcha la nueva planta.

También es lógico poner en tema de discusión el porqué no se implementó un sistema automático de medición y abatimiento de especies cloradas. Una de las causas es el elevado costo de los equipos y otra, no tomar en cuenta los beneficios que un sistema automático prestaría (ahorro h/h en tomar muestras de RIL, análisis de este y operación completa de la planta de tratamiento).

V. CONCLUSIONES

La implementación de un Sistema de Tratamiento de RILes puede ser ejecutado, considerando todas las variables que se encuentran presentasen un determinado lugar y tiempo, realizando un estudio a priori y definiendo fundamentalmente las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué se necesita tratar el RIL?
2. ¿Cómo se puede tratar el RIL?
3. ¿Cuanto RIL se debe tratar?
4. ¿Dónde se puede tratar el RIL y bajo que condiciones operacionales y económicas se cuenta?

En el trabajo realizado se establecieron varias necesidades de por qué se tendrían que tratar los Residuos Industriales Líquidos generados por la elaboración de productos de limpieza.

Comenzando por una exigencia pseudo legal, ya que los RILes generados en ocasiones superan el pH máximo establecido por el DS N° 148 convirtiéndolos en RILes peligrosos y con obligación a su tratamiento, también legalmente por los criterios establecidos en el DS N° 609, donde el pH máximo permitido es de 9, debido a que si bien estos RILes permanecen a una sección de laboratorios Davis, al juntarlos con los demás RILes de las otras líneas de producción no superan el límite de pH establecido por el DS anteriormente citado.

A pesar de esto la sección de elaboración de productos de limpieza fue creada con la intención de prestar servicios (fabricación de productos) a Unilever, al ser esta

una empresa con una política ambiental completa, pidió como exigencia tratar los RILes generados, no solo con el fin de ajustar el pH, sino que de abatir las especies cloradas que se desechan directamente al alcantarillado produciendo daños a cañerías del sistema de recolección de aguas servidas y también a la vida acuática.

Junto con esta iniciativa Laboratorios Davis tiene un proyecto de un sistema de tratamiento que en estos momentos se encuentra en proceso de estudio, el cual contaría con una serie de tratamientos, dentro de estos existe la etapa de tratamiento biológico y se vería muy afectado por los compuestos clorados porque estos eliminarían a la colonia de bacterias. Por lo tanto este Sistema de Tratamiento de RILes cumple con las necesidades y requisitos de Laboratorios Davis y Unilever respectivamente.

La solución a cómo tratar el RIL se llevó a cabo realizando un estudio fisicoquímico de éste y las posibilidades de tratamiento que finalmente dio como resultado abatir las especies cloradas con Metabisulfito de Sodio en polvo el cual reduce en forma completa las especies de Cloro Libre Residual y Combinado Residual, este último compuesto de cloraminas y organoclorados, además se cuantificó el RIL generado y se estableció de que forma se podría tratar éste. Finalmente se llegó a diseñar una planta de tratamiento en el lugar más conveniente operacional y económicamente.

Por lo tanto como conclusión final de este trabajo se puede decir que la implementación de un Sistema de Tratamiento de RILes tiene que ser paulatino y progresivo, para finalizar como un sistema operativo y funcional.

VI. REFERENCIAS

- Decreto Supremo N° 148 del 12 de junio del 2003, "Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos".
- Decreto Supremo N° 609 del 7 de Mayo de 1998, "Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociada a las descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado".
- Dirección General de Normas, 1987, "Norma Mexicana, Calidad del Agua, Determinación de Cloro Total-Método Iodométrico".
- Environment Canada, November 2003, "Review of Municipal Effluent Chlorination/Dechlorination Principles, Technologies and Practices".
- J. Park, July, 2006, "Disinfection Processes"
- Laboratorio de Control de Calidad, Laboratorios Davis, 15 de Junio de 2007, "Determinación de Cloro disponible".
- Michael K. Stenstrom, Hoa. G. Tran, July 20, 1984, "A Theoretical and Experimental Investigation of the Dynamics of Breakpoint Chlorination in Dispersed Flow Reactors".

Paginas Web consultadas:

- <http://www.powellfab.com>, Manual de Información General, Hipoclorito de Sodio.
- <http://www.sulfoquim.cl/espaniol/metabisulfitodesodio.htm>, "Ficha Técnica de Metabisulfito de Sodio".

- <http://web.usach.cl/ima/nor1.htm>, "Norma Técnica Relativa a Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Recolección de Aguas Servidas".
- <http://www.wikipedia.com>, enciclopedia online

VII. ANEXOS

ANEXO 1

Procedimiento de Operación de la Planta de Tratamiento de RILes que debe realizar el operario a cargo de esta.

El proceso como tal, se inicia una vez encendida la señal luminosa puesta sobre el panel eléctrico que se encuentra en la PTR, lo que quiere decir que se ha realizado la descarga del RIL desde el estanque de almacenamiento al de tratamiento.

- Esperar que termine la agitación.
- Tomar una muestra de RIL y enviarlo al Laboratorio de Control de Calidad.
- Agregar la cantidad de Meta Bisulfito de Sodio calculada por el LCC.
- Poner en marcha la agitación para que reaccione todo el RIL.
- El tiempo de duración de esta agitación esta previamente implantado (1 hora) y luego la descarga es automática.

ANEXO 2

Análisis de la formula utilizada en el calculo para determinar la concentración de Cloro Total Residual en la muestra de RIL.

$$\% \text{ de Cloro Total} = (V * 3,546 * N) / W$$

Donde:

V = Volumen de Tiosulfato de Sodio gastado en titulación (mL).

N = Concentración de Tiosulfato de Sodio (N).

W = Cantidad de muestra pesada (g).

Podemos observar que existe la constante 3,546, proveniente de la conversión de unidades para poder realizar el cálculo:

Análisis Adimensional de la formula

$$\% = ((\text{mL}) * (35,46 \text{ g / mol}) * (\text{eq g / L}) * (\text{mol / eq g}) / \text{g}) * 100$$

Para poder realizar el calculo las unidades tienen que ser las mismas para cada dimensión, por lo tanto dejaremos lo litros (L) como mili Litros (mL), por lo tanto hay que dividir por 1000.

$$\% = \text{mL} * \{ 35,46 / 1000 \text{ mL} \} * 100$$

Donde J es el número obtenido por la operación numérica de los valores de cada factor V, N y W, además como se quiere obtener el resultado en % se tiene que multiplicar por 100, lo que da como resultado:

$$\% = 3,546 * J$$