



VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES *BAT* DE LA UNIÓN EUROPEA

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y CONTROL DE DERRAMES PLANTA
VALDIVIA – CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A.**

**ELABORADO POR DELIS CONSULTORES E.I.R.L.
FEBRERO 2016**

1 INTRODUCCION

Planta Valdivia (PV), de la empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A., es una planta que produce celulosa Kraft y se emplaza en San José de la Mariquina, en terrenos aledaños al Río Cruces.

Se ha solicitado efectuar una revisión en terreno a las instalaciones y documentación disponible de los sistemas de recolección y control de derrames de sustancias con alta concentración, de modo de evaluar el nivel de cumplimiento de los estándares de la Mejor Tecnologías Disponibles de la Unión Europea (UE), versión 2015 (BAT, por sus siglas en inglés). Estos sistemas permiten, frente a incidencias y/o emergencias que ocurran en el proceso, evitar la afectación del sistema de tratamiento de efluentes y, de esta manera, evitar la alteración de algunos de los parámetros de los efluentes de la descarga al Río Cruces.

El proceso de producción celulosa kraft blanqueada de Planta Valdivia se encuentra certificado por las Normas ISO 9001 de gestión de la Calidad, ISO 14.001 de Gestión Ambiental y el estándar CERFOR de cadena de custodia forestal, por la empresa certificadora QMI, hasta el 2017 para las normas ISO y, 2016 para el estándar CERFOR.

2 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

En términos generales, el objetivo del presente informe es describir las condiciones de funcionamiento de los sistema de detección, recolección y control de derrames de sustancias con alta concentración de sólidos, tomando como referencia los criterios que establece el estándar BAT en esta materia.

Objetivos específicos

- Efectuar el levantamiento de información en terreno y visitar las instalaciones.
- Verificar que el sistema de detección, recolección y control de derrames da cumplimiento a los estándares BAT en estas materias.
- Preparar un informe técnico con los resultados obtenidos de la inspección y evaluación.

Alcance

Esta revisión de acota a los numerales 3.3.9 y 3.3.12 del Estándar “Best Available Techniques (BAT)” documento de referencia para la producción industrial de pulpa, papel y cartón, versión 2015.

3 ANTECEDENTES

Estándar Mejores Tecnologías Disponibles

La Oficina de Prevención y Control de la Contaminación de la Unión Europea (EIPPCB sus siglas en inglés), se creó para organizar un intercambio de información entre los Estados miembros, la industria y las organizaciones no gubernamentales que promueven la protección del medio ambiente sobre las mejores técnicas disponibles (BAT, por las siglas

en inglés de *Best Available Techniques*) y tiene gran relevancia en Europa, pues establece referencias tecnológicas en diferentes procesos industriales, entre ellos, la producción de pulpa, papel y cartón.

En términos generales relacionados con derrames, dicho estándar establece lineamientos que deben considerar las actividades de monitoreo, detección y manejo de derrames y/o pérdidas de licores y, en general, cualquier sustancia o mezclas de éstas con altas concentraciones de sólidos.

Los lineamientos generales establecidos son los siguientes:

- Separación y control de los efluentes de cada proceso.
- Monitoreo de la conductividad o pH en línea en puntos estratégicos para detectar pérdidas y derrames.
- Recolección de licor o fibra derramada y reingreso al proceso en los lugares adecuados o, eventualmente, su conducción al sistema de tratamiento de efluentes, según su nivel de conductividad y pH.
- Protección con pretilas de contención.
- Uso de sistemas de control automático

Tabla 3.1, muestra el detalle de cada estándar, en particular en los numerales 3.3.9, Sistema de Monitoreo y recuperación de derrames efectivo, y 3.3.12, correcto dimensionamiento de estanques de buffer para el almacenamiento de líquidos calientes o concentrados desde proceso.

TABLA 3-1
Estándar "*Best Available Techniques (BAT)*" de 2015, documento de referencia en la producción de pulpa, papel y cartón.

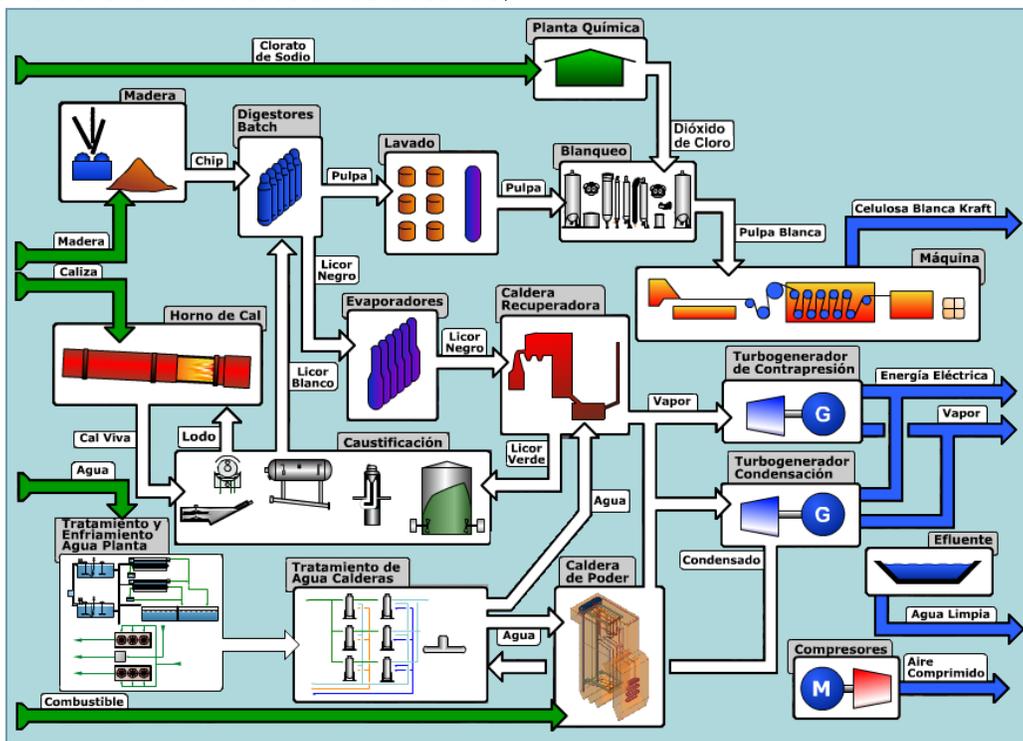
Numeral	Estándar	Estándar específico
3.3.9.	Sistema de Monitoreo de derrames efectivo	Control de Conductividad y pH en lugares estratégicos para detectar pérdidas y derrames.
	Sistema de recuperación de derrames y pérdidas apropiado	Recuperación de derrames de licor a la más alta concentración posible.
		Contar con pozos de recuperación o sumideros equipados con bombas de recuperación, cuyo uso esté asociado al control de conductividad.
		Retorno del licor recuperado al proceso en lugares apropiados
		Prevención que los derrames entren al sistema de tratamiento biológico
		Prevención que los derrames entren al sistema de aguas lluvias
3.3.12.	Capacidad suficiente de los contenedores buffer	La capacidad de almacenamiento debe exceder los volúmenes de operación normal al menos en un 30%

Procesos Pulpado Kraft

El proceso kraft es un proceso químico de fabricación de pulpa (celulosa), denominado kraft o al sulfato, en el que se separan las fibras de la lignina a través de un reacción química de la madera (cocción), previamente convertida en astillas (chips). Por otra parte, mediante procesos auxiliares y complementarios, el proceso permite recuperar los productos químicos que intervienen en la producción de la pulpa y volver a usarse en un ciclo siguiente.

En el proceso de conversión, las astillas de madera se ingresan al proceso de digestión (cocción) junto con una solución de químicos denominada 'licor blanco', que contiene agua, soda cáustica (NaOH) y Sulfuro de sodio (Na₂S). Las fibras son "cocidas" durante aproximadamente una hora bajo condiciones de temperatura y presión. Luego la pulpa (celulosa) se separa del licor negro, llamado así por el color que adquiere la solución durante la cocción, se lava y, posteriormente, se procede al blanqueado. La Figura 3.1, muestra el esquema general de producción de celulosa kraft.

FIGURA 3-1
Esquema General de Producción Celulosa Kraft



Ciclo de Recuperación de Licores

En el ciclo de recuperación de licores, el licor negro se mezcla con el agua de lavado constituyendo el licor negro débil y luego se somete a evaporación en varias etapas, llevándolo desde un contenido de 15% de materia sólida seca aproximadamente, hasta un contenido aproximado de 75% de materia sólida seca. El licor negro así concentrado se quema en la caldera de recuperación.

En el fondo de la caldera de recuperación quedan sólidos fundidos que se disuelven y forman el licor verde. Posteriormente, en el área de caustificación, se agrega Oxido de Calcio (CaO), separando el Carbonato de Calcio (CaCO₃) precipitado del sobrenadante, con ello se forma el licor blanco, que contiene Hidróxido de Sodio (NaOH) y Sulfuro de Sodio (Na₂S) disueltos, para el reingreso al proceso de cocción. Ver Figura 3.1

FIGURA 3-2
Ciclo de Recuperación de Licor



Sistema de Manejo y Recuperación de Derrames

El sistema de contención y recuperación de derrames comprende el conjunto de equipos e instalaciones que forman parte de su diseño original de la planta y está configurado para recuperar los derrames y reingresarlos al proceso o, previa verificación de la conductividad, enviarlos desde los distintos fosos o sumideros hacia la planta de tratamiento de efluentes (PTE), de modo de asegurar que la calidad del efluente enviado no genere problemas de control en la PTE.

En la presente revisión se dio especial énfasis en el sistema de derrame relacionado con el ciclo de licores (Verde, Negro y Blanco), el que en términos de procesos, corresponden a las siguientes áreas de la planta:

1. Evaporación (Área 351)
2. Caldera de Recuperación (Área 352)
3. Caustificación y Horno de Cal (Áreas 353-354)
4. Digestor de fibras y Lavado (Áreas 341-346)

4 EVALUACIÓN DE LOS ESTÁNDARES BAT

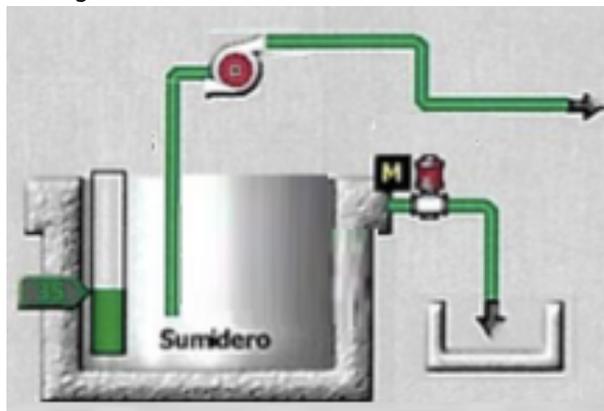
4.1 Sistema de Monitoreo y Control de Derrames

Descripción General

En todos los sumideros o fosos de captación y recuperación se ha incorporado instrumentación y lazos de control que pueden operar en modo Manual/Automático. Estos sistemas están compuestos, principalmente, por los siguientes equipos (ver Figura 4.1):

- Sensor/Transmisor de Nivel
- Sensor/Transmisor de Conductividad con visualización en terreno
- Actuadores
 - o Válvula de automática, con *limit switch* de posicionamiento (On-Off)
 - o Motobomba con monitoreo de corriente (On-Off)

FIGURA 4-1
Proceso e instrumentación general fosos.



Los lazos de control en cada área son similares y operan de la siguientes forma:

Lazo de Control 1: Sensor de Conductividad monitorea el parámetro en el sumidero (Variable de Control), dependiendo de los límites Alto (H) o Bajo (L) preestablecido (Set Point), el sistema de control actúa sobre la Válvula (HS) de dos formas:

- Conductividad Alta: Cierra Válvula e impide la descarga hacia la Planta de Tratamiento Efluentes (PTE) en forma gravitacional.
- Conductividad Baja: Abre Válvula y con ello permite la descarga hacia la PTE.

Lazo de Control 2: Sensor de Nivel monitorea este parámetro en el sumidero (Variable de Control), dependiendo los Niveles preestablecidos (Set Point), el sistema de control actúa sobre la Motobomba (M) de dos formas:

- Nivel Alto: Da partida a la motobomba para enviar los derrames recolectados nuevamente al proceso.
- Nivel Bajo: Detiene la motobomba de recuperación.

Cabe destacar, que la estrategia de control automático de los fosos de derrame, obedece y se enfoca en la recuperación de los derrames de químicos con alta conductividad para hacer más eficiente los procesos y reducir las pérdidas, sólo como una última opción, se descarta como Efluente General enviando a la PTE los de baja conductividad. No obstante, existen otros circuitos y 7 fosos para Efluentes Bajos en Solidos y Aguas Lluvias, que la estrategia de control es asegurar y mantener la calidad de los parámetros de descargar a la PTE o al Río Cruces, respectivamente, bajo rangos aceptables y autorizados ambientalmente, derivando a la Laguna de Derrames ante alteraciones significativas de los parámetros que no cumpla con los límites establecidos.

A continuación se precisa este sistema por cada área de proceso que están en el Ciclo de Recuperación de Licor.

a) Área de Evaporación (Área 351).

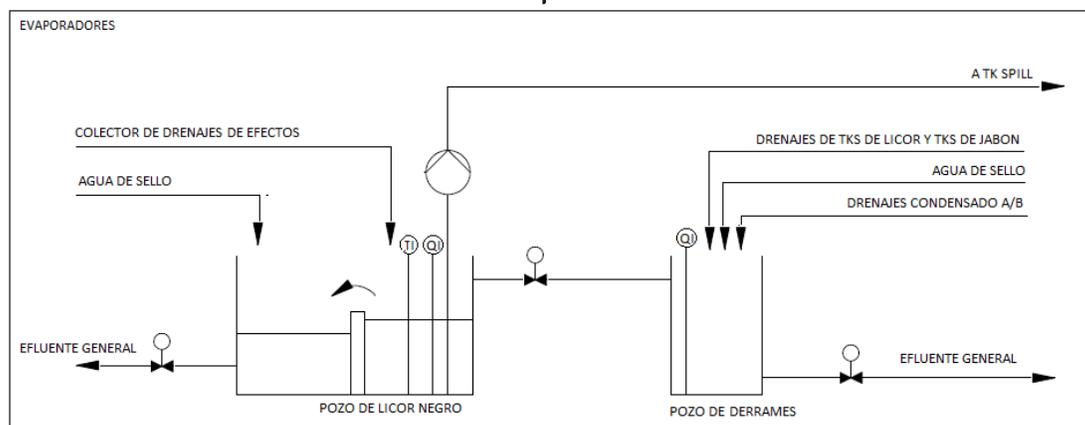
Posee dos fosos (Fosos N°12 y N°13), interconectados entre si a través de una válvula (QS513A) manteniéndose constantemente abierta, como vasos comunicantes. Sólo el foso N°13 está con descarga automática a la PTE a través de la válvula (HS750) y, el foso N°12, si bien existe conexión a la PTE, existe una válvula (QS513B) que se mantiene cerrada en forma manual, opera sólo como alternativa.

Lazos de control

En el Foso N°12, sólo se monitorea la conductividad (QI513), no obstante por diagrama P&I muestra que posee un lazo de control de conductividad (513), cuyo sensor (QI513), actúa sobre las válvulas (QS513A y QS513B). Se verifica que ambas se mantienen en modo manual abierta y cerrada, respectivamente.

El Foso N°13, opera el lazo de control de conductividad (QS509) y está compuesto por el Sensor Indicador de conductividad (QI509) y Válvula (HS750). La válvula además posee Limit Switch (ZS750) que permite verificar su posición. Además, posee un segundo lazo de control de Nivel (556), cuyo Sensor de Nivel (LI556) actúa sobre la Motobomba (M173), esta última posee indicador de corriente (II291) que permite asegurar funcionamiento.

FIGURA 4-2
Proceso e instrumentación Fosos área de Evaporación.



b) Área de Caldera de Recuperación (Área 352).

Posee dos fosos (Foso N°4 y N°5), operan en forma independiente y permiten recuperar derrames de Licor Verde y Licor Negro, respectivamente. Ambos están conectados a la PTE.

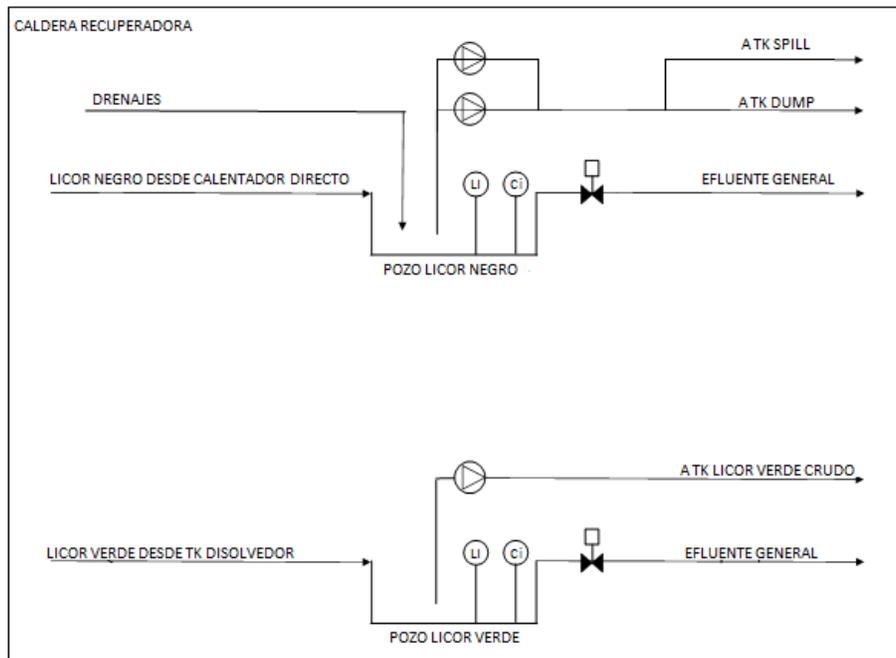
Lazos de Control y Monitoreo

En el Foso N°4, opera un lazo de control de conductividad (486), cuyo sensor de conductividad (CI486) actúa sobre la válvula (HS9202). La válvula además posee Limit Switch (ZS9202) que permite verificar su posición. Además, posee un segundo lazo de control de Nivel (485), cuyo Sensor de Nivel (LI485) actúa sobre la Motobomba (M304), que además posee indicador de corriente que permite asegurar funcionamiento.

El Foso GS N°5, opera el lazo de control de conductividad (411) y está compuesto por el Sensor Indicador de conductividad (CI411) y Válvula (HS9200). La válvula además posee Limit Switch (ZS9200) que permite verificar su posición. Además, posee un segundo lazo de control de Nivel (556), cuyo Sensor de Nivel (LI410) actúa sobre dos Motobombas (M443 y M275), estas poseen indicador de corriente que permite asegurar funcionamiento. Actualmente las operan en forma alternada, manteniendo una en Automático y la otra en Manual.

FIGURA 4-3

Proceso e instrumentación Fosos área de Caldera Recuperadora.



c) Área de Caustificación y Horno de Cal (Áreas 353-354).

Posee dos fosos (Foso N°1 y N°2), operan en forma independiente, el Foso N°1 recibe los derrames del edificio de filtros de lodos y el Foso N°2 del área de caustificación. Ambos están conectados a la PTE.

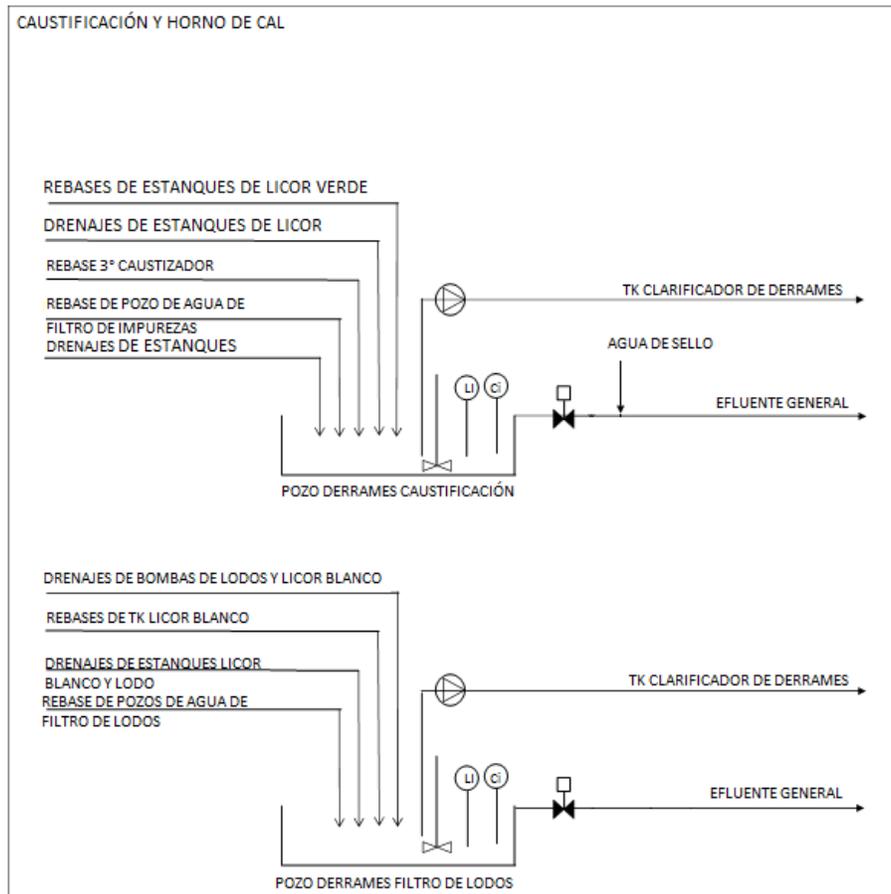
Lazos de Control y Monitoreo

En el Foso N°1, opera un lazo de control de conductividad (QI392), cuyo sensor de conductividad (QE392) actúa sobre la válvula (HS500). La válvula además posee Limit Switch (ZS500) que permite verificar su posición. Posee un segundo lazo de control, de Nivel (414), cuyo Sensor de Nivel (LI414) actúa sobre la Motobomba (M183), esta posee indicador de corriente que permite asegurar funcionamiento.

El Foso N°2, opera el lazo de control de conductividad (264) y está compuesto por el Sensor Indicador de conductividad (QI392) y Válvula (HS700). La válvula además posee Limit Switch (ZS700) que permite verificar su posición. Posee un segundo lazo de control de Nivel (263), cuyo Sensor de Nivel (LI263) actúa sobre la Motobomba (M151), que posee indicador de corriente que permite asegurar funcionamiento.

FIGURA 4-4

Proceso e instrumentación Fosos Áreas de Caustificación y Horno de Cal



d) Área de Digestores de Fibra y Lavado (Áreas 341-346).

Posee dos fosos (Foso N°6b y N°6), operan en forma conectada, es decir el Foso 6b entrega su efluente al Foso 6 y, este último, descarga a la PTE.

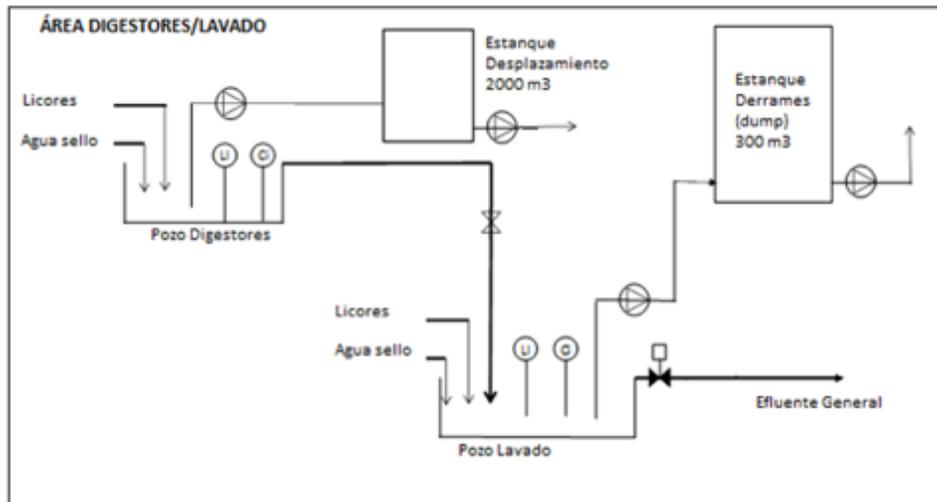
Lazos de Control y Monitoreo

En el Foso N°6b, opera un lazo de control de conductividad (1491), cuyo sensor de conductividad (CI1491) y actúa sobre la válvula, que además posee Limit Switch que permite verificar su posición. Tiene además indicador de Nivel (LI492).

El Foso N°6, opera el lazo de control de conductividad (117) y está compuesto por el Sensor Indicador de conductividad (CI117) y Válvula (HS1500). La válvula posee Limit Switch (ZS1500) que permite verificar su posición. Posee un segundo lazo de control de Nivel (116), cuyo Sensor de Nivel (LI116) actúa sobre la Motobomba (M150), que posee indicador de corriente que permite asegurar funcionamiento.

FIGURA 4-5

Proceso e instrumentación Fosos Áreas de Digestores y Lavado



Verificación de funcionamiento

Para cada Lazo se revisaron las curvas de tendencia que permite el Sistema de Control Distribuido (DCS) en sala de control verificando durante un periodo de 3 meses las variables de control Conductividad, Nivel y Corriente Motor, obteniéndose gráficas para corroborar la operación. Las pantallas del DCS se adjuntan en el Anexo 9.1.

Por otro lado, se revisaron los Set Point de Conductividad y Nivel para verificar coherencia para cada lazo de control. Esta información se detalla en el numeral siguiente del presente informe.

Conclusión

De acuerdo a la instrumentación y equipamiento vistos en terreno, además de, la verificación efectuada en la Sala de Control a las pantallas del sistema de control distribuido, es posible concluir que, los sistema de recolección, poseen sistemas de monitoreo y control de conductividad, que permiten en forma efectiva, recuperar los derrames y pérdidas reingresándolos al proceso y, evitando la descarga al sistema de tratamiento de efluentes con altas concentraciones. Esto evidencia un cabal cumplimiento a lo requerido por el estándar BAT de la Unión Europea aplicables.

4.2 Sistema de Contención y Recuperación de Derrames

Descripción general

En cada área, se evidencia la existencia de infraestructura para la recolección de derrames de licor, separados e independientes de los sistemas de colección de aguas de aguas lluvias, en base a pretilos, lomos de toro y pozos de recolección (sumideros). En particular para cada área:

Área de Evaporación (Área 351)

En esta área los licores de mayor concentración son el licor negro concentrado, que puede llegar hasta un contenido de 75% de materia sólida seca y se encuentra almacenado en un estanque de 700 m³ (Tk N°351-22-141). El licor negro débil llega con una concentración 15% y se almacenan en los estanques de alimentación que son los de mayor capacidad en el área (5.000 m³), los Estanque N°1 (Tk N°351-22-147) y N°2 (Tk N°351-22-148). La zona de estanques está rodeada por un pretil que se une con el pretil zona de estanques evaporadores, ambos son capaces de contener al menos el 100% de la capacidad del mayor estanque (Ver Anexo 9.2, Foto 6). Además, existen dos fosos de derrames, el Foso N°13 posee la motobomba de recuperación M173, desde donde es posible recuperar el licor para el reingreso a proceso al Estanque Spill de 3.000 m³ (Tk N°351-22-145).

De la revisión de las pantallas de control en del DCS (Ver Anexo 9.1), se observa que los Set Point de control del Foso N°13 de conductividad se encuentra en 2.000 µS/cm y de Nivel está en 80%. Se revisó en detalle gráficos de tendencia de los últimos tres meses, observándose que la operación de los control se ha mantenido en modo Automático y que cada control ha operado de acuerdo a la secuencia preestablecida.

Área de Caldera de Recuperación (352)

En esta área se pueden generar derrames de licor negro concentrado que van a quemado en la caldera. Estos derrames son conducidos a través de canaletas hacia el Foso N°5, ahí es posible recuperarlo por medio de las motobombas M443 y/o M275 hacia el Estanque Dump de 26 m³ (Tk 352-22-273), posteriormente, se bombean (M274) al estanque Spill de 3.000 m³ en el área de Evaporación. Por otro lado y en forma independiente, los derrames de licor verde son conducidos a través de canaletas también ubicadas en el perímetro de la caldera hacia el Foso N°4 y luego se bombean (M304) hacia el Estanque de licor verde crudo de 2.120 m³ (Tk 353-22-101) ubicado en el área de Caustificación.

De la revisión de las pantallas de control, se observa que los Set Point del control de conductividad se encuentra en 2.000 µS/cm y el control de Nivel en 80% en ambos fosos (N°4 y N°5). Se revisaron en detalle los gráficos de tendencia de los últimos tres meses, observándose que la operación de los controles se ha mantenido en modo Automático y que cada control ha operado de acuerdo a la secuencia preestablecida. Si embargo, en el caso del foso N°4 de Licor Verde se observa en 28/01/2016 una situación puntual de alta concentración (Ver Gráfico 2), que correspondió a un evento de reparación de la línea de licor verde, como lo demuestra la bitácora de operación (ver Foto 18), siendo recuperado el licor derramado.

Área de Caustificación y Horno de Cal

En esta área se pueden producir derrames de licores verde y blanco, los que son canalizados al Foso N°2, y son recuperados a través de una motobomba (M151) hacia el estanque clarificador de derrames de 2.400 m³ (Tk 353-22-205). Por otro lado, los derrames asociados a lodos de cal del sector filtros de lodos son derivados al Foso N°1 y son recuperados a través de una motobomba (M183), también hacia el Estanque Clarificador de Derrames (Tk 353-22-205).

De la revisión de las pantallas de control, se observa que el Set Point del control de conductividad se encuentra en 2.000 µS/cm y el control de Nivel en 80% para ambos. En el foso N°2, se revisaron en detalle los gráficos de tendencia de los últimos tres meses, observándose que la operación de los controles se ha mantenido en modo Automático y que cada control ha operado de acuerdo a la secuencia preestablecida (ver Anexo 9.3 Gráfico N°1). En el caso de Foso N°1 de derrames del filtro de lodos, la válvula se mantiene en manual por lo que todos los derrames se bombean al Estanque de Clarificador de Derrames controlado por nivel.

Área de Digestores y Lavado

En esta área los licores con más alta concentración están contenidos en los acumuladores de Licor Blanco (Tk 341-23-250), Licor Negro (Digestores) de 400 m³ (Tk 341-51-101/110) y Estanque de Filtrado #1 – Lavado (Tk 341-22-276). En caso de derrames, estos licores van a los pozos de Digestores y Lavado, los cuales están comunicados entre sí (XZ1493) y cierran la compuerta hacia Efluentes (HS1500). Estos licores se pueden recuperar completamente en el sistema, retornando a través de la motobomba M250 al Estanque de Desplazamiento de 2.000 m³ (Tk 341-22-252) y con la motobomba M104 al Estanque de Derrame (Dump) de 300 m³ (Tk 346-22-106).

Conclusión

De acuerdo a la infraestructura, pretiles, estanques y fosos vistos en terreno, además de, la verificación efectuada en gabinete a los planos y diagramas de recuperación y contención de derrames, es posible concluir que, existe infraestructura apropiada y en los lugares adecuados para la recolección de derrames de licor, separados e independientes de los sistemas de colección de efluentes bajos en sólidos y aguas lluvias. Esto evidencia un cabal cumplimiento a lo requerido por el estándar BAT de la Unión Europea aplicables.

4.3 Sistema de tratamiento de efluentes y colección de aguas lluvias (Área 385)

Descripción general

Planta Valdivia cuenta con tres sistemas diferentes e independientes para la recolección de los efluentes y las aguas lluvias, estos son:

- Sistema recolector de efluentes bajos en sólidos
- Sistema recolector de efluentes generales
- Alcantarillado de aguas lluvias

El efluente bajo en sólidos está conformado por efluentes que poseen una baja concentración de sólidos suspendidos y que provienen del área de blanqueo y planta de

desmineralización y, en ocasiones, derrames internos que se puedan producir en el área de manejo de químicos (Ver Anexo 6.5).

El efluente general comprende todos los efluentes generados por otros procesos de la Planta, incluidos aquellos provenientes de las canchas de madera y los fosos de recolección de derrames antes de descritos. Poseen una alta concentración de sólidos en suspensión (ver Anexo 6.6).

Estos dos efluentes son recogidos por sistemas recolectores separados y conducidos por líneas independientes hasta la planta de tratamiento de efluentes. En ella, el efluente general es sometido a un proceso de separación sólido-líquido y, sólo después de este proceso, se junta con el efluente bajo en sólidos para continuar ambos al tratamiento biológico (ver Anexo 6.4). Las aguas lluvias son recolectadas por un tercer sistema recolector y conducidas hacia el río Cruces (Ver Anexo 6.7), previa verificación de su conductividad.

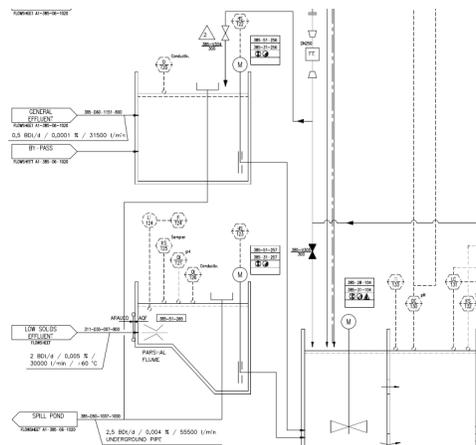
Lazos de Control y Monitoreo

El Efluente Bajo en Sólidos llega al sistema de tratamiento de efluentes a una cámara donde se monitorea el pH (QI121) y la conductividad (QI126). En caso que alguno de los parámetros estén fuera de rango, se aísla la descarga hacia la Cámara de Neutralización cerrando la compuerta (HS123), con esto se deriva el efluente bajo en sólido, por rebase, hacia la Laguna de Derrames.

El Efluente General llega gravitacionalmente al sistema de tratamiento primario, específicamente a la cámara Separación Gruesa, aquí se realiza la extracción de sólidos de mayor tamaño (clasificación mecánica) y, en una segunda etapa, la separación fina de sólidos, por diferencia de densidad de partículas (clarificador). Una vez que el efluente está en la Cámara de efluente Clarificado se monitorea la Conductividad (QI120) y el pH (QI119), en caso que algunos de los parámetros estén fuera de rango, se aísla la descarga hacia la Cámara de Neutralización cerrando la compuerta (HS122), con esto se deriva el efluente, por rebase, hacia la Laguna de Derrames (Ver Anexo 6.8).

FIGURA 4-6

Proceso e instrumentación Tratamiento Primario y Neutralización, PTE:



La Cámara de Neutralización posee un sistema de control de pH (QC130), por lo que las diferencias que pudiesen existir en este parámetro son neutralizadas mediante la adición de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) o Soda Caustica (NaOH), según corresponda.

Por otro lado, el sistema colección de agua lluvias posee una cámara de medición de pH, temperatura y conductividad antes de la descarga al Río Cruces.

Conclusión

De acuerdo a la infraestructura, instrumentación y equipamiento de los sistemas de monitoreo y control automático vistos en terreno, además de, la verificación efectuada en gabinete a los planos y diagramas del tratamiento primario de la Planta de Tratamientos de Efluentes, es posible concluir que no existe posibilidad que un derrame de alta concentración pueda afectar negativamente al sistema de tratamiento secundario de la PTE (reactores biológicos). Existen sistemas de control de pH, de conductividad y, tratamiento intermedios de clarificación (primario) y de neutralización, que evitaría una eventual descarga directa a los reactores biológicos. Lo anterior evidencia cabal cumplimiento a lo requerido por el estándar BAT de la Unión Europea aplicables.

4.4 Capacidad de Almacenamiento de Estanques de Compensación (Buffer)

Descripción general

Los estanques buffer permite amortiguar la mayor capacidad en volumen que exija el proceso en situaciones de anormales de funcionamiento, partidas, detenciones y/o emergencias.

Evaluación de capacidades

Existe evidencia que permite verificar que las capacidades de almacenamiento de los estanques corresponde a los volúmenes de diseño, de acuerdo a los Planos As-built. Correspondiendo al indicado a continuación:

- **Digestores:** Corresponde a la suma de las capacidades de los estanques digestores de 400 m^3 cada uno (10 unidades, TK 341-51-101/110) y el estanque de desplazamiento de 2.000 m^3 (TK 341-22-252), da una capacidad nominal total de diseño de **6.000 m^3** .
- **Evaporadores:** Corresponde a la suma de las capacidades de los estanques de alimentación de licor negro débil de 5.000 m^3 cada uno (TK1 351-22-147 y TK2 351-22-148), el estanque de licor negro intermedio de 2.300 m^3 (TK 351-22-146), el estanque Spill de 3.000 m^3 (Tk 351-22-145) y los estanques de licor negro concentrado y a quemado de 700 m^3 cada uno (Tk 351-22-141 y TK 351-22-140), da una capacidad nominal total de diseño de **16.700 m^3** .
- **Caldera Recuperadora:** Corresponde al estanque de disolvedor (TK 352-22-297) que posee una capacidad nominal de diseño de **318 m^3** .
- **Caustificación:** Corresponde a la sumas de las capacidades de los estanques del área de caustificación, estanque licor verde de 5.230 m^3 (Tk 353-22-131), licor verde crudo de 2.120 m^3 (Tk 353-22-101), estanque spill de 2.400 m^3 (Tk 353-22-305), estanques de licor blanco de 2.400 m^3 cada uno (Tk1 352-22-201 y Tk2 353-22-202), estanque lodo de cal de 1.040 m^3 (Tk 353-51-176), estanque de lavado débil de 1.280 m^3 (Tk 353-22-214) y los estanques de caustificación de 320 m^3 cada uno (Tk 353-51-143/145/147), da una capacidad nominal total de diseño de **17.830 m^3** .

La capacidad nominal total de almacenamiento es de 40.848 m³.

Desde el punto de vista operacional, PV informa que los volúmenes con el cual opera los estanques en las diferentes áreas, en promedio, serían los siguientes:

- Digestores: 3.169 m³
- Evaporadores: 7.839 m³
- Caldera Recuperadora: 187 m³
- Caustificación: 10.169 m³

El volumen total operacional es de 21.364 m³.

Existe coherencia en determinar que el cálculo del porcentaje adicional de almacenamiento, de acuerdo a lo volúmenes operacionales informados, existiría una capacidad adicional de 19.484 m³, equivalente a un 90% aproximadamente,

Conclusión

De acuerdo al diseño de los estanques y la información entregada por PV de los volúmenes operacionales, es posible concluir que, existe una capacidad buffer superior al 30% requerido por el estandar BAT aplicables.

5 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

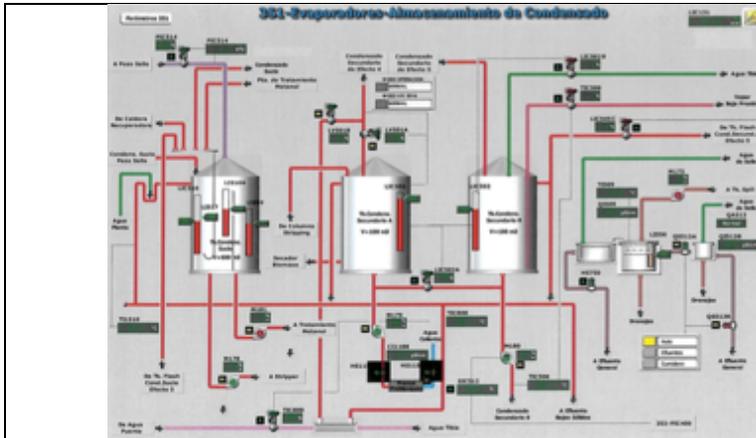
La información revisada en terreno y en gabinete, y que se detalla en el Anexo 6.9, permitió llevar a la conclusión que Planta Valdivia incorpora en su diseño todas las medidas consideradas como “mejores tecnologías disponibles” (BAT) por la Unión Europea, para el manejo y recuperación de derrames.

Por tanto y en virtud de los señalado en el presente informe:

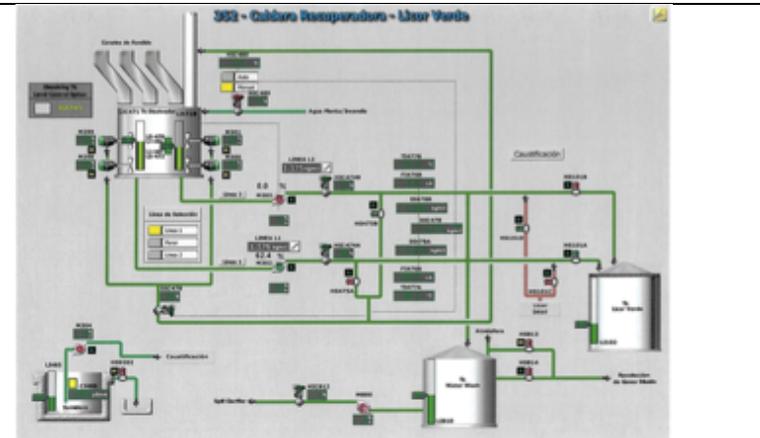
- Se verifica que los sistema de recolección, poseen sistemas de monitoreo y control de conductividad, que permiten en forma efectiva, recuperar los derrames y pérdidas reingresándolos al proceso y, evitando la descarga al sistema de tratamiento de efluentes con altas concentraciones.
- Se verifica para cada área de procesos revisada, la existencia de infraestructura apropiada para la recolección de derrames de licor, separados e independientes de los sistemas de colección de efluentes bajos en sólidos y aguas lluvias, en base a pretilos, lomos de toro y pozos de recolección (sumideros).
- Se verifica que los pozos de recuperación se encuentran ubicados en lugares apropiados, permitiendo reingreso al proceso.
- Se verifica que, por diseño, no existe posibilidad que un derrame de alta concentración pueda afectar negativamente al sistema de tratamiento secundario de la planta de tratamiento de efluentes (reactores biológicos).
- Se verifican los cálculos efectuados, que la capacidad de almacenamiento de los estanques buffer, excedería el 30% requerido por el estándar.

6 ANEXOS

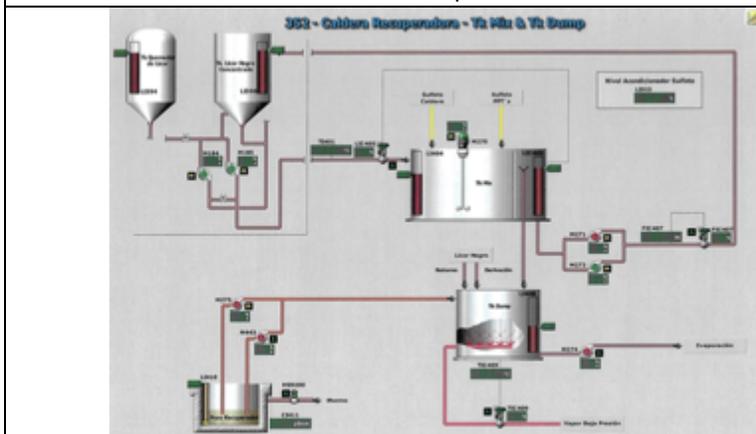
6.1 PANTALLAS DCS



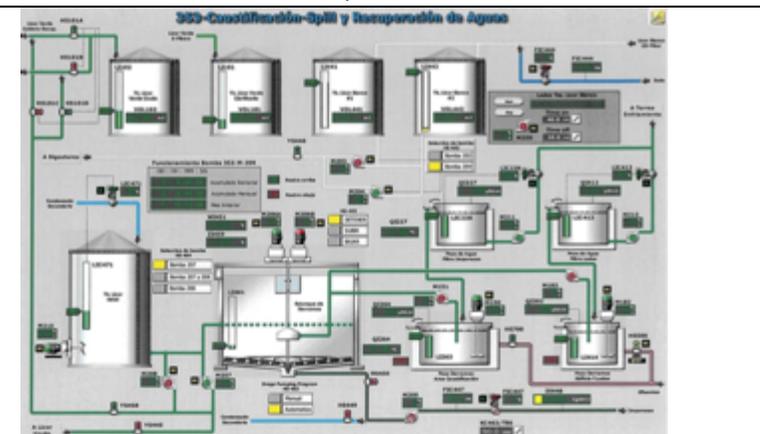
Área de Evaporación



Área Caldera de Recuperación: Licor Verde



Área Caldera de Recuperación: Licor Negro



Áreas Caustificación y Lavado

6.2 FOTOGRAFÍAS



FOTO1: Sensor Indicador de Conductividad Foso 13, área Evaporación



FOTO 2: Foso N°13, área Evaporación.



FOTO 3: Foso N°12, área evaporación



FOTO 4: Sensor Indicador de Conductividad Foso 13, área Evaporación



FOTO 5: Estanques de Licor Negro Concentrado, área evaporación



FOTO 6: Unión de pretties área Evaporación.

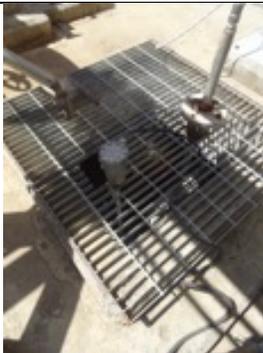


FOTO 7: Sensores de Conductividad y Nivel Foso 4., área Caldera Recuperación



FOTO 8: Estanque Licor Verde, área Caldera Recuperación



FOTO 9 Sensor Indicador de Conductividad Foso 4, área caldera recuperación



FOTO 10 Motobombas foso 5, área caldera recuperación



FOTO 11 Foso 6b, área de Digestores



FOTO 12 Sensores/Indicador de Conductividad Foso 6b., área Digestores.



FOTO 13 Sensores/Indicador de Conductividad Foso 6,, área Lavado.



FOTO 14 Sensores/Indicador de Conductividad Foso 1,, área Caustificación.



FOTO 15 Sensores/Indicador de Nivel Foso 1,, área Caustificación.



FOTO 16 Sensores/Indicador de Nivel Foso 2, área Caustificación.



FOTO 17 Sensores/Indicador de Conductividad Foso 2,, área Caustificación.

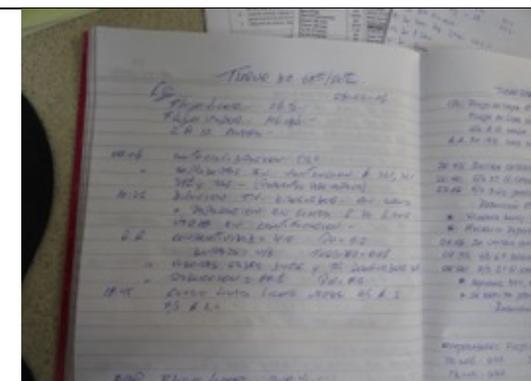


FOTO 18 Bitácora de Operaciones (28/01/2016)

6.3 GRAFICOS DE TENDENCIA

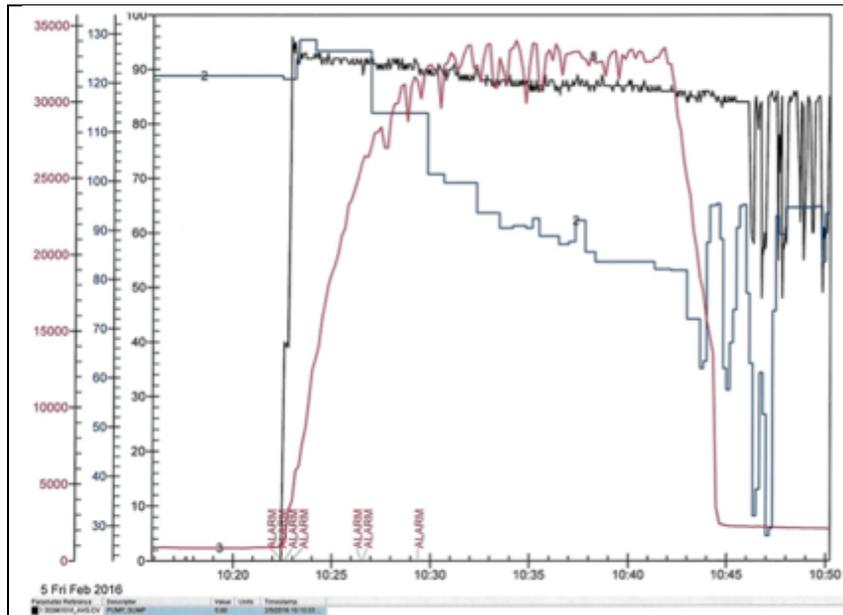


GRÁFICO 1: Variables de control conductividad (rojo), nivel (azul) y corriente motor (rojo) del Foso 2, área de caustificación (05/02/2016).

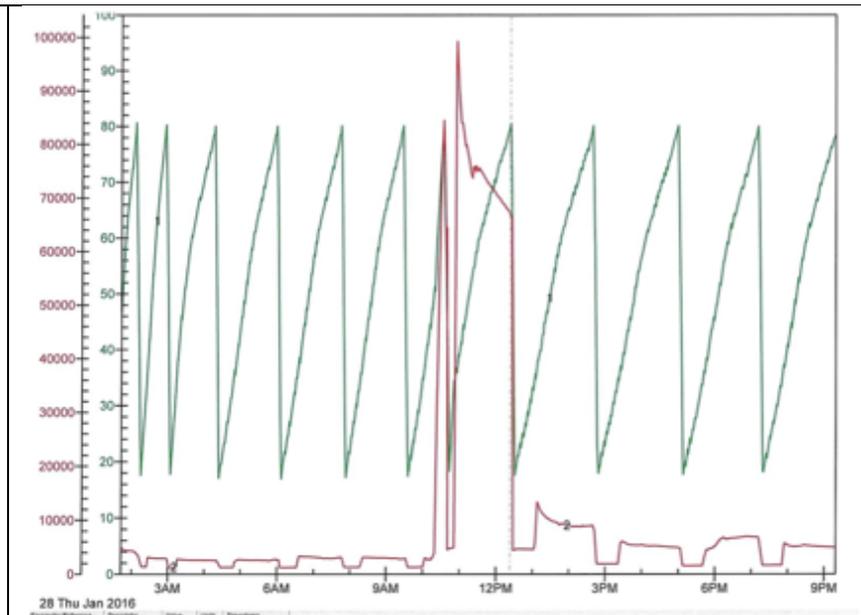
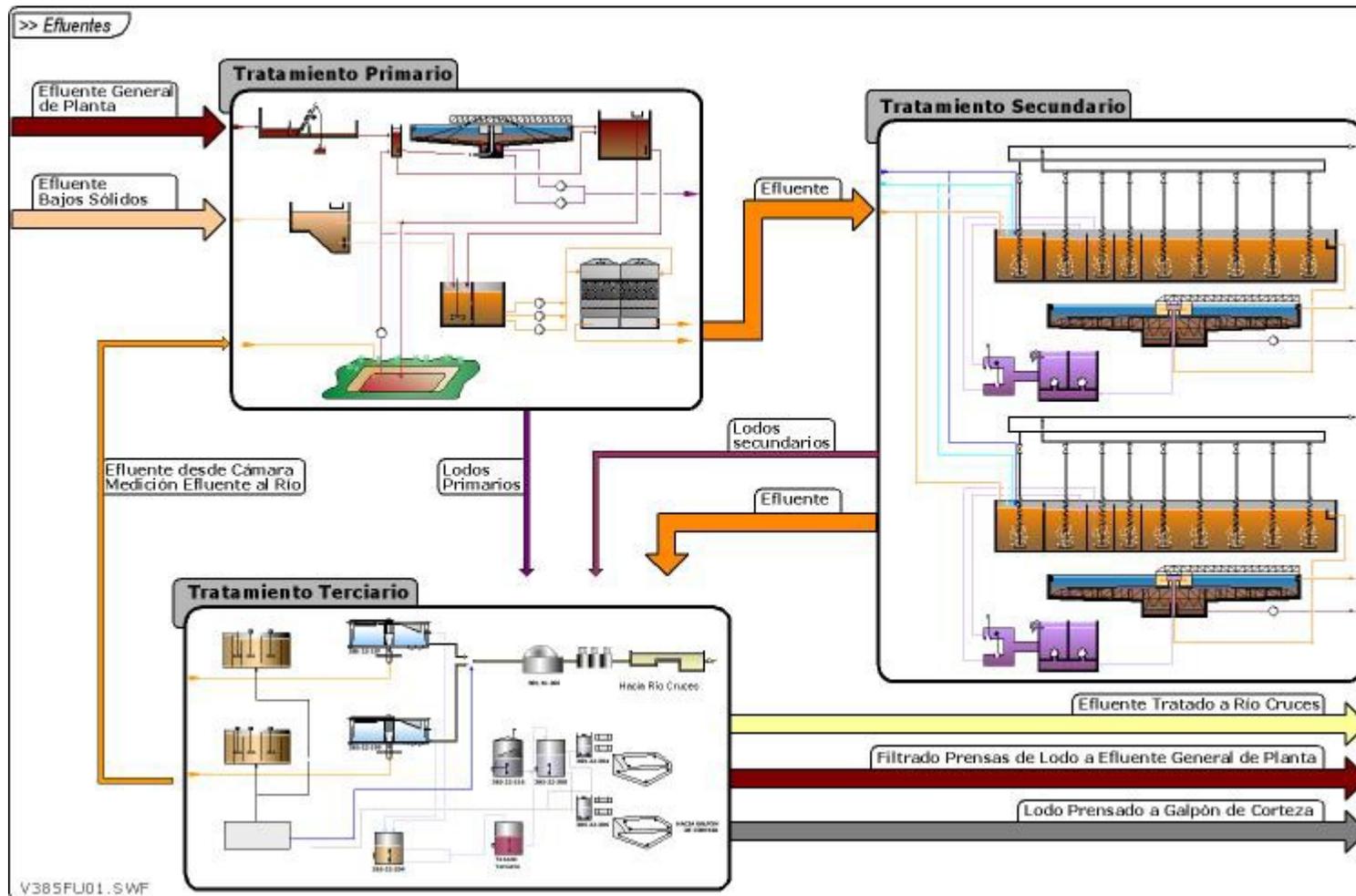
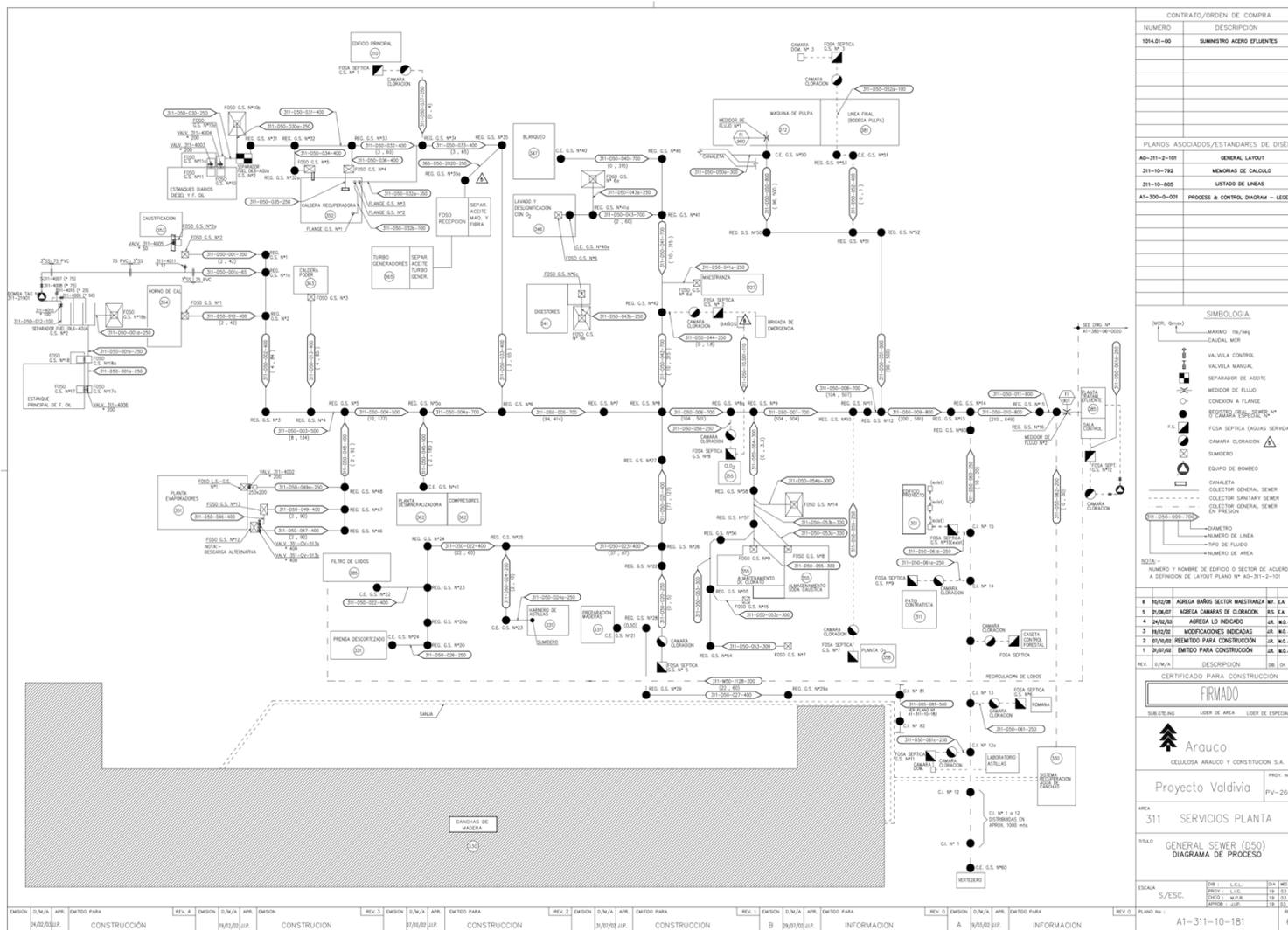


GRÁFICO 2: Variables de control nivel (verde) y corriente motor (rojo) del Foso 4, área de caldera recuperadora (28/01/2016).

6.4 DIAGRAMA GENERAL DE EFLUENTES

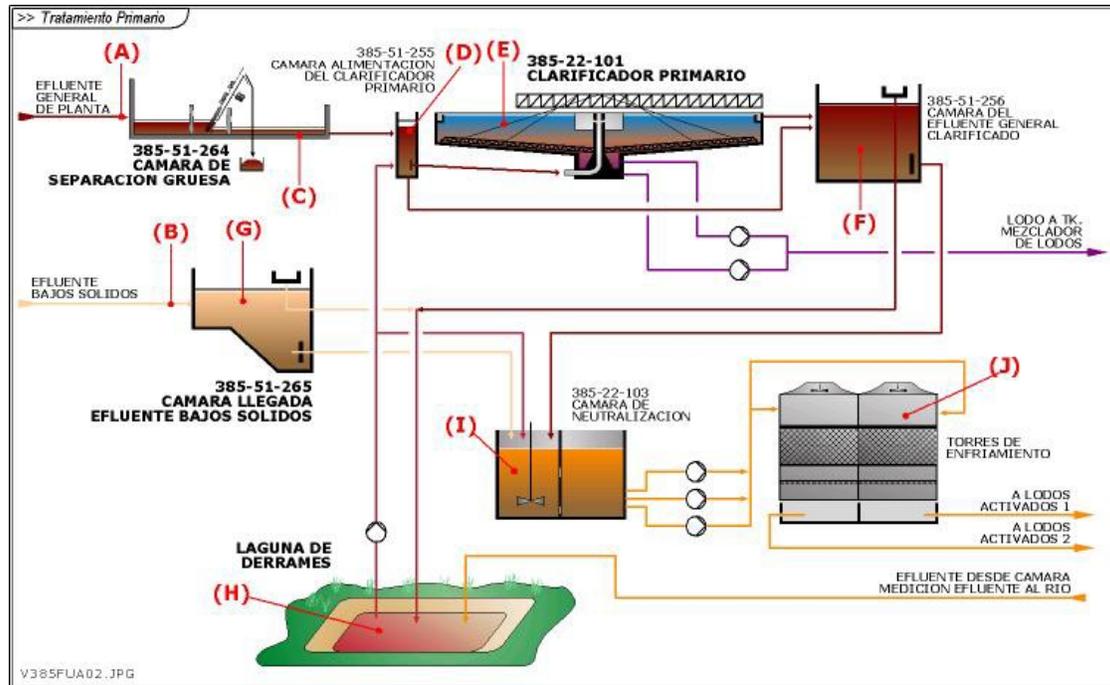


6.6 DIAGRAMA DE EFLUENTES GENERAL



CONTRATO/ORDEN DE COMPRA	
NUMERO	DESCRIPCION
1014-01-00	SUMINISTRO ACERO EFLUYENTES
PLANOS ASOCIADOS/ESTANDARES DE DISEÑO	
AD-311-2-101	GENERAL LAYOUT
311-10-792	MEMORIAS DE CALCULO
311-10-805	LISTADO DE LINEAS
A1-300-0-001	PROCESS & CONTROL DIAGRAM - LEGEND
SIMBOLOGIA	
(M) (D) (m)	MANRIO
(M) (D) (m)	CAUDAL MOR
(M) (D) (m)	VALVULA CONTROL
(M) (D) (m)	VALVULA MANUAL
(M) (D) (m)	SEPARADOR DE ACEITE
(M) (D) (m)	MEJOR DE FLUJO
(M) (D) (m)	CONECTOR A FLANGE
(M) (D) (m)	SEPARADOR DE ACEITE
(M) (D) (m)	FOSA SEPTICA (AGUAS SERVICIOS)
(M) (D) (m)	CAMARA CLORACION
(M) (D) (m)	SUMIDERO
(M) (D) (m)	EQUIPO DE BOMBEO
(M) (D) (m)	CANALETAS
(M) (D) (m)	COLECTOR GENERAL SEMER
(M) (D) (m)	COLECTOR SANITARIO SEMER
(M) (D) (m)	COLECTOR GENERAL SEMER EN PRESION
(M) (D) (m)	DIAMETRO
(M) (D) (m)	NUMERO DE LINEA
(M) (D) (m)	TIPO DE FLUIDO
(M) (D) (m)	NUMERO DE AREA
NOTAS:	
NÚMERO Y NOMBRE DE EDIFICIO O SECTOR DE ADQUISICION	
A DEFINICION DE LAYOUT PLANO Nº AD-311-2-101	
1	VALVULAS AGREGA BAÑOS SECTOR MAESTRANZA M.F. S.A. S.A.C.
2	VALVULAS AGREGA CAMARAS DE CLORACION M.F. S.A. S.A.C.
3	VALVULAS AGREGA LO RECORRIDO M.F. S.A. S.A.C.
4	VALVULAS MODIFICACIONES INDICADAS M.F. S.A. S.A.C.
5	VALVULAS REMITIDO PARA CONSTRUCCION M.F. S.A. S.A.C.
6	VALVULAS ENTREGO PARA CONSTRUCCION M.F. S.A. S.A.C.
REC.	DIVISION DESCRIPCION
REC. 1	DIVISION DESCRIPCION
CERTIFICADO PARA CONSTRUCCION	
FIRMADO	
SUBSCRIBIDO: LIDER DE AREA LIDER DE ESPECIALIDAD	
 CELULOSA ARAUCO Y CONSTRUCCION S.A.	
Proyecto Valdivia	
AREA	311 SERVICIOS PLANTA
USO	GENERAL SEWER (D50) DIAGRAMA DE PROCESO
ESCALA	S/ESC.
PROY. No.	PV-2600
PLANO No.	A1-311-10-181
REV.	6

6.8 DIAGRAMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO



(A) Ducto Descarga Gravitacional Efluente General Planta: Conduce el Efluente General de Planta al Sistema de Tratamiento Primario, específicamente a la Cámara Separación Guesa.

(B) Ducto Descarga Gravitacional Efluente Bajos Sólidos: Conduce el Efluente Bajos en Sólidos al Sistema de Tratamiento Primario, específicamente a la Cámara Compuerta Control Remoto Desagüe Bajos Sólidos.

(C) Cámara Separación Guesa: En esta cámara se realiza la extracción de los sólidos en suspensión (Clasificación Mecánica) contenidos en el efluente general.

(D) Cámara Alimentación del Clarificador Primario: Deriva el Efluente General de Planta hacia la Cámara de Neutralización permitiendo aislar el Clarificador Primario.

(E) Clarificador Primario: Separa los sólidos del Efluente General por decantación.

(F) Cámara del Efluente General Clarificado: Deriva el Efluente del Clarificador Primario hacia la Laguna de Derrames cuando el pH esté fuera de rango, aislando de esta forma la Cámara de Neutralización.

(G) Cámara Llegada Efluente Bajos en Sólidos: Deriva el Efluente Bajos en Sólidos a la Laguna de Derrames cuando su pH esté fuera de rango, impidiendo así su llegada a la Cámara de Neutralización.

6.9 ANTECEDENTES

a) Layout

- PLV-A1-300-09-032 (300 – General Planta)
- A1-351-??-???? (351 – Planta Evaporación)
- A1-352-08-652 (352 – Caldera Recuperadora)
- A0-353-09-xxxx (353 – Caustificación y Horno de Cal)
- A0-2605-65-341-02-1001 (341 – Digestores)

b) Diagrama de Procesos e Instrumentación

- A1-311-10-180 (311 – Servicios Planta/Alcantarillado de Sólidos Bajos)
- A1-311-10-181 (311 – Servicios Planta/Alcantarillado General Planta)
- A0-341-06-1044_6 (Pozo Digestores)
- A1-346-06-1023_4 (Pozo Lavado)
- A1-351-06-1017_7 (Pozo Evaporadores)
- A1-352-06-1018_5 (Pozo Licor Negro Caldera Recuperación)
- A1-352-06-1021_4 (Pozo Licor Verde Caldera Recuperación)
- A1-353-06-1020_7 (Pozo Caustificación y HC)
- A1-353-06-1025_8 (Pozo Filtro de Lodos Caustificación y HC)
- A1-385-06-1021_2 (Neutralización y Torres Pta. Efluentes)
- A3-385-06-1010_3 (Diagrama de Bloques Pta. Efluentes)
- A3-385-10-0010 (Perfil Hidráulico – Pta. Tratamiento Efluentes)

c) Planos de Diseño/As built

- A1-2605-AC-300-02-400 (Fosos de descarga de Efluentes N°1, 2, 3, 4, 5, 13 y 40a)
- A1-2605-AC-300-02-401 (Fosos de descarga de Efluentes N°2, 4 y 5, 13)
- A1-2605-AC-300-02-402 (Fosos de descarga de Efluentes N°1, 13 y 40a)
- A1-2605-AC-341-09-020 (Pretil recuperación de derrames – Digestores)
- A1-2605-AC-352-09-050 (Pretil recuperación de derrames – Caldera Recuperadora)
- A1-2605-AC-353-09-050 (Pretil recuperación de derrames – Caustificación)

d) Procedimientos, Registros e Informes

- Listado de Equipos asociados a pozos (SAP)
- Planes Preventivos de Mantenimiento por equipos (Mantenimiento Planta Valdivia).
- Procedimientos operacionales relacionados con: Caldera de Recuperación (varios); Caustificación y Horno de Cal (varios); Pta. de Tratamiento de Efluentes (varios).
- Manual de Respuesta a Emergencias (03-701-018 Versión 5)

- Manual de la Brigada de Emergencia (06/06/2011 Versión 6)
- Informe Técnico Sistema de Distribución de Energía Eléctrica y Evento “Trip Caldera Recuperadora 17 Enero 2014”. Pta. Valdivia.
- Presentaciones en Power Point Pta. Valdivia (Varias).
- Informe Técnico: Efectos del Licor Verde en el Sistema de Tratamiento de Efluentes. Gamma Ltda.
- HDS Licor Verde; HDS Licor Negro; HDS Licor Blanco.
- Manual de Fundamentos y Operaciones de Planta de Tratamiento de Efluentes (385). JReyes Consultores.

e) Estándar

- *Best Available Techniques (BAT). Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. JRC Science And Policy Report. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU, 2015.*

PLANTA DE CELULOSA VALDIVIA

**EFFECTOS DEL LICOR VERDE EN EL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

INFORME

SANTIAGO, JULIO 2014

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS Y ALCANCES	2
3	ANTECEDENTES	3
4	SISTEMAS RECOLECTORES DE EFLUENTES Y DE AGUAS LUVIA	4
4.1	Descripción general	4
4.2	Sistema del licor verde	4
4.2.1	Componentes	5
4.2.2	Operación del sistema.....	6
4.2.3	Conexión del sistema de licor verde con el sistema de efluente general	6
5	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE ELUENTES	7
5.1	Descripción general	7
5.2	Tratamiento primario	8
5.2.1	Componentes del sistema.....	8
5.3	Tratamiento secundario.....	10
5.3.1	Componentes del sistema.....	10
5.3.2	Características Ambientales Necesarias para el Crecimiento Bacteriano	12
5.4	Tratamiento terciario.....	13
5.4.1	Componentes del sistema.....	13
6	COMPORTAMIENTO DEL EFLUENTE FRENTE AL DERRAME DE LICOR VERDE	15
6.1	General.....	15
6.2	Parámetros físicos en la planta de tratamiento.....	16
6.3	Eficiencia biológica del sistema de tratamiento	19
7	CONCLUSIONES	22
	ANEXO A DIAGRAMAS DE PROCESO DE SISTEMAS RECOLECTORES DE EFLUENTES	
	ANEXO B HOJA DE SEGURIDAD DEL LICOR VERDE	
	ANEXO C REGISTROS DE VARIABLES DE PROCESO	

1 INTRODUCCIÓN

El día 17 de Enero de 2014, alrededor de las 13:30 horas, se produjo una detención no programada (trip) de la Caldera Recuperadora de la Planta Valdivia (PV). Como consecuencia de esta parada, otras áreas de la PV quedaron sin energía durante un tiempo, lo que significó que algunos sistemas de bombeo dejaran de operar, entre ellos el del sistema del licor verde. Esta situación se tradujo en un rebase controlado o derrame interno de licor verde hacia el sistema recolector de efluentes, y su posterior llegada a la Planta de Tratamiento de Efluentes de la PV. Este rebase o derrame interno constituye una contingencia considerada dentro del diseño de la planta, por lo que existen los sistemas especialmente contruidos para evitar que dicho evento alcance o afecte el medio ambiente donde se ubica Planta Valdivia.

El día 13 de Junio de 2014, este Consultor visitó las instalaciones de la Planta Valdivia, estuvo en el sitio donde se produjo el derrame interno de licor verde y recorrió detenidamente el sistema de recolección y tratamiento de efluentes, así como el sistema de alcantarillado de aguas lluvia.

Además, en la visita tuvo acceso a la información oficial de PV para determinar el recorrido del derrame interno del licor verde y los eventuales efectos de este derrame en el efluente en el sistema de tratamiento y en la posterior descarga del efluente tratado en el Río Cruces.

En este informe se presenta el análisis efectuado y las conclusiones a la que llega este Consultor.

2 OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo de este informe es verificar el recorrido material que tuvo del derrame interno de licor verde que se produjo el día 17 de Enero de 2014 al interior de la planta de celulosa, hasta llegar al sistema de tratamiento de efluentes y al punto de descarga al Río Cruces, así como los efectos que pudieron haberse originado en la descarga final de la planta de tratamiento de efluentes de la planta de celulosa Valdivia, a causa de dicho derrame.

En el presente informe se describen las condiciones de funcionamiento del sistema de tratamiento de efluentes y se analiza el recorrido del derrame y los efectos que produjo a lo largo del proceso de tratamiento, utilizando información del sistema de efluentes proporcionada por Valdivia, los registros disponibles de los parámetros operacionales, así como la información adicional recogida por este Consultor durante la visita realizada a la planta el día 13 de Junio de 2014.

3 ANTECEDENTES

El día 17 de Enero de 2014, alrededor de las 13:45, como consecuencia del “trip” de la Caldera Recuperadora, se produjo un derrame interno de licor verde, el cual fluyó hacia el sistema recolector de efluentes. De acuerdo a la información disponible, el derrame tuvo una duración de 4 minutos y el volumen vertido fue de aproximadamente 1,2 m³.

Los antecedentes tenidos en consideración para determinar la ruta que siguió el licor verde y, posteriormente, evaluar el eventual impacto del derrame en el Efluente General y en la descarga final al Río Cruces, son los siguientes:

- Información general
 - Lay out de Planta Valdivia
 - Bitácora de la Planta Valdivia del día 17 de Enero de 2014
 - Caldera recuperadora – Fundamentos
 - Hoja de seguridad del Licor Verde
 - Información respecto TRIP de Caldera Recuperadora del 17 de Enero 2014
 - Informe Knight Piesol Enero 2014
 - Sistema Licor Verde – Fundamentos
 - Tratamiento de Efluentes (385) – Manual de Fundamentos (03.385.002)
 - Tratamiento de Efluentes (385) – Manual de Operaciones (03.385.003)
- Diagramas de proceso
 - Sistema de alcantarillado de aguas lluvia
 - Sistema recolector de efluente general
 - Sistema recolector de efluente bajo en sólidos
 - Planta de tratamiento de efluentes
- Resultados de análisis y mediciones
 - Registros internos de Planta Valdivia respecto de la demanda química de oxígeno (DQO) en diferentes etapas del proceso
 - Análisis de demanda biológica de oxígeno (DBO₅) y de DQO en la descarga de la planta de tratamiento – Laboratorio Eula
 - Análisis puntual de efluentes (Control Interno) – Enero de 2014
 - Análisis acumulados de efluentes – Enero de 2014
 - Gráficos de mediciones de pH y T° en distintas etapas del proceso – Enero de 2014

4 SISTEMAS RECOLECTORES DE EFLUENTES Y DE AGUAS LUVIA

4.1 Descripción general

La planta de celulosa Valdivia cuenta con tres sistemas diferentes para la recolección de los efluentes y las aguas lluvias:

- Sistema recolector de efluentes bajos en sólidos
- Sistema recolector de efluentes generales
- Alcantarillado de aguas lluvias

El efluente bajo en sólidos está conformado por efluentes que poseen una baja concentración de sólidos suspendidos y que provienen de la planta de blanqueo, del exceso de condensado de evaporación, del rechazo de la planta desmineralizadora y, ocasionalmente, de derrames internos que se puedan producir en el área de manejo de químicos.

El efluente general comprende todos los efluentes generados por otros procesos de la Planta, incluidos aquellos provenientes de las canchas de madera, y poseen una alta concentración de sólidos en suspensión.

Estos dos efluentes son recogidos por sistemas recolectores separados y conducidos por líneas independientes hasta la planta de tratamiento de efluentes. En ella, el efluente general es sometido a un proceso de separación sólido-líquido y, sólo después de este proceso, se junta con el efluente bajo en sólidos para continuar ambos al tratamiento biológico.

Las aguas lluvias son recolectadas por un tercer sistema recolector y conducidas hacia el río Cruces.

En Anexo A *Lay out Planta Valdivia y Diagramas de Procesos de los Sistemas Recolectores de Efluentes*, se muestra el diagrama de proceso de cada uno de estos sistemas, así como la disposición general de la PV. En ellos están indicados los puntos de recolección y las líneas de conducción de las descargas hasta su punto de destino.

Cabe destacar que el alcantarillado de aguas lluvia cuenta con un sistema de descarga automático hacia la laguna de derrames cuando el pH o la conductividad esté fuera de rango. De esta forma se impide que aguas lluvia eventualmente contaminadas por un derrame accidental de productos químicos al interior de la planta papelera lleguen al río. Este sistema está instalado en la Cámara N° 14, tal como se puede apreciar en la figura N° A.3 del Anexo A mencionado.

4.2 Sistema del licor verde

El licor verde es un subproducto temporal en el proceso de fabricación de celulosa y se genera por la mezcla de las cenizas (fundido de licor negro) que se recolectan del fondo de la caldera recuperadora, agua y licor débil. Al mezclar este licor con óxido de calcio (cal viva), se obtiene el "licor blanco" que es utilizado en la cocción de la madera y producción de pulpa.

El licor verde está compuesto principalmente por sulfuro de sodio e hidróxido de sodio (soda caustica). Es altamente alcalino ($\text{pH} \pm 12$), soluble en agua y puede tener efectos importantes en el comportamiento de una planta de tratamiento, dependiendo de la cantidad que ella reciba.

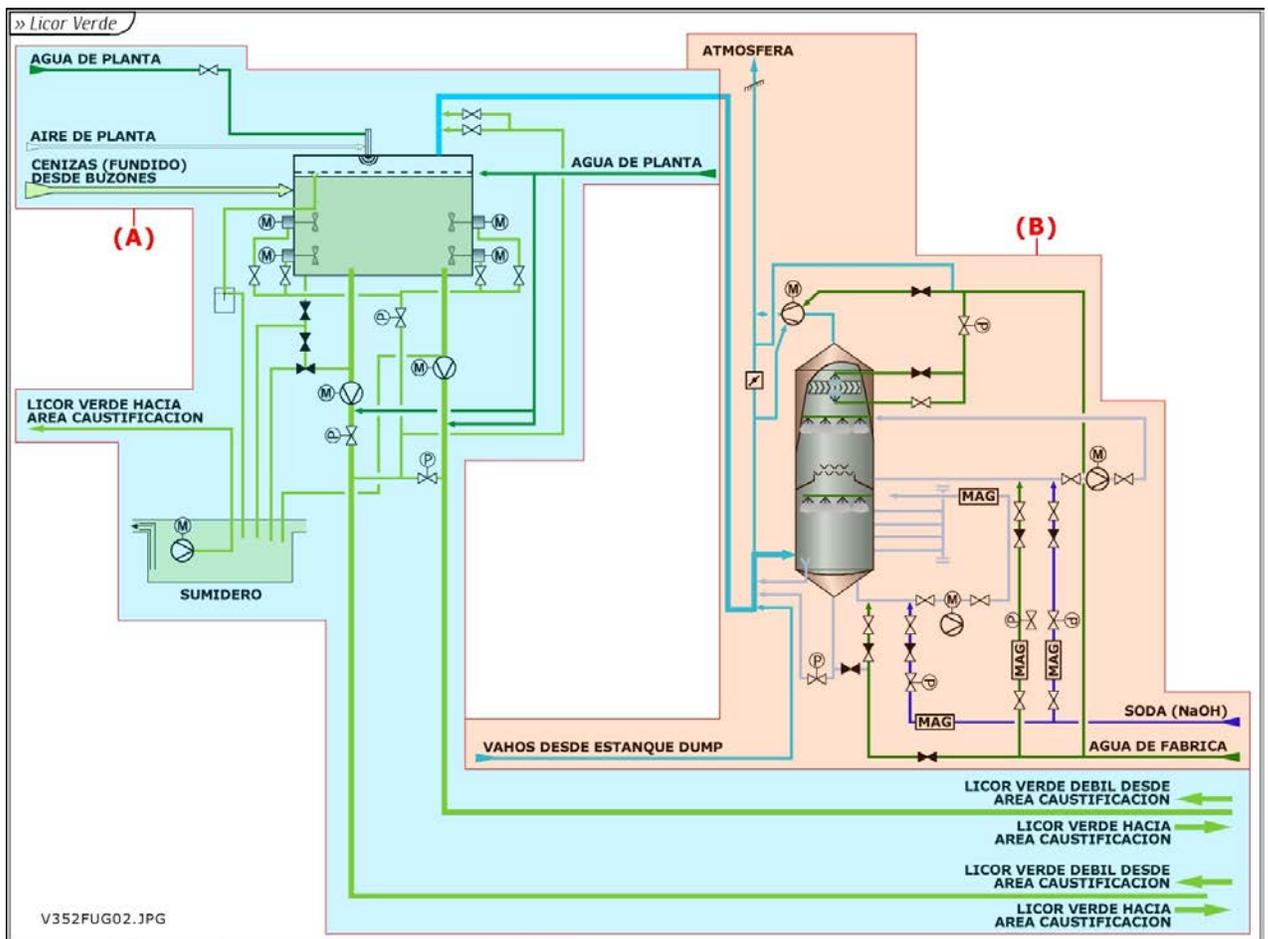
El Sistema de Licor Verde cumple las siguientes funciones:

- Recibe el fundido (cenizas) de la Caldera Recuperadora en el Estanque Disolvedor.
- Disuelve el fundido con Licor Débil enviado desde el Área de Caustificación para formar Licor Verde.
- Bombea Licor Verde hacia el Área de Caustificación.
- El Lavador de Gases recupera el Licor Verde arrastrado en los vahos y lo devuelve al Estanque Disolvedor.

4.2.1 Componentes

Los componentes del Sistema de Licor Verde se muestran en la siguiente figura:

Figura N° 4.1 Sistema del licor verde



(A) Subsistema Estanque Disolvedor

(B) Subsistema Lavador de Gases

4.2.2 Operación del sistema

La operación del Sistema de Licor Verde se describe a continuación:

1. En el Estanque Disolvedor se disuelve el fundido proveniente del Hogar de la Caldera Recuperadora con Licor Débil, con lo cual se forma el Licor Verde.
2. El Licor Verde es bombeado al Área de Caustificación. Por otra línea de transferencia, se recibe el Licor Débil desde el Área de Caustificación, el cual permite controlar la densidad del Licor Verde.
3. Cuando los afluentes al Estanque Disolvedor son mayores a los efluentes, el estanque puede llenarse y rebasar. Los rebases caen a una cámara y, desde ahí, son conducidos hacia el “sumidero”. Desde este estanque, el licor verde es impulsado hacia el área de caustificación mediante una bomba instalada para estos efectos. El funcionamiento de la bomba está comandado por un sensor de conductividad y por un sensor de nivel los que accionan la bomba cuando se sobrepasa un determinado nivel de conductividad o se alcanza un cierto nivel prefijado en el sumidero.

4.2.3 Conexión del sistema de licor verde con el sistema de efluente general

Cuando la bomba del “sumidero” no funciona, o no es capaz de bombear todo el licor verde que llega al sumidero, este estanque se llena y comienza a verter por un rebosadero dispuesto para tal fin. Este rebosadero está conectado con el sistema recolector del efluente general por lo que cualquier vertido de licor verde que se produzca es conducido por dicho sistema a la planta de tratamiento de efluentes.

Si el rebase del sumidero estuviera conectado con el sistema recolector del efluente bajo en sólidos, el licor verde igualmente llegaría a la planta de tratamiento de efluentes. Ahora, si por alguna razón, el rebase de licor verde fuere a dar al sistema de alcantarillado de aguas lluvia, en la Cámara 14 de dicho sistema sería derivado hacia la laguna de derrames y, desde ahí, sería bombeado luego a la planta de tratamiento.

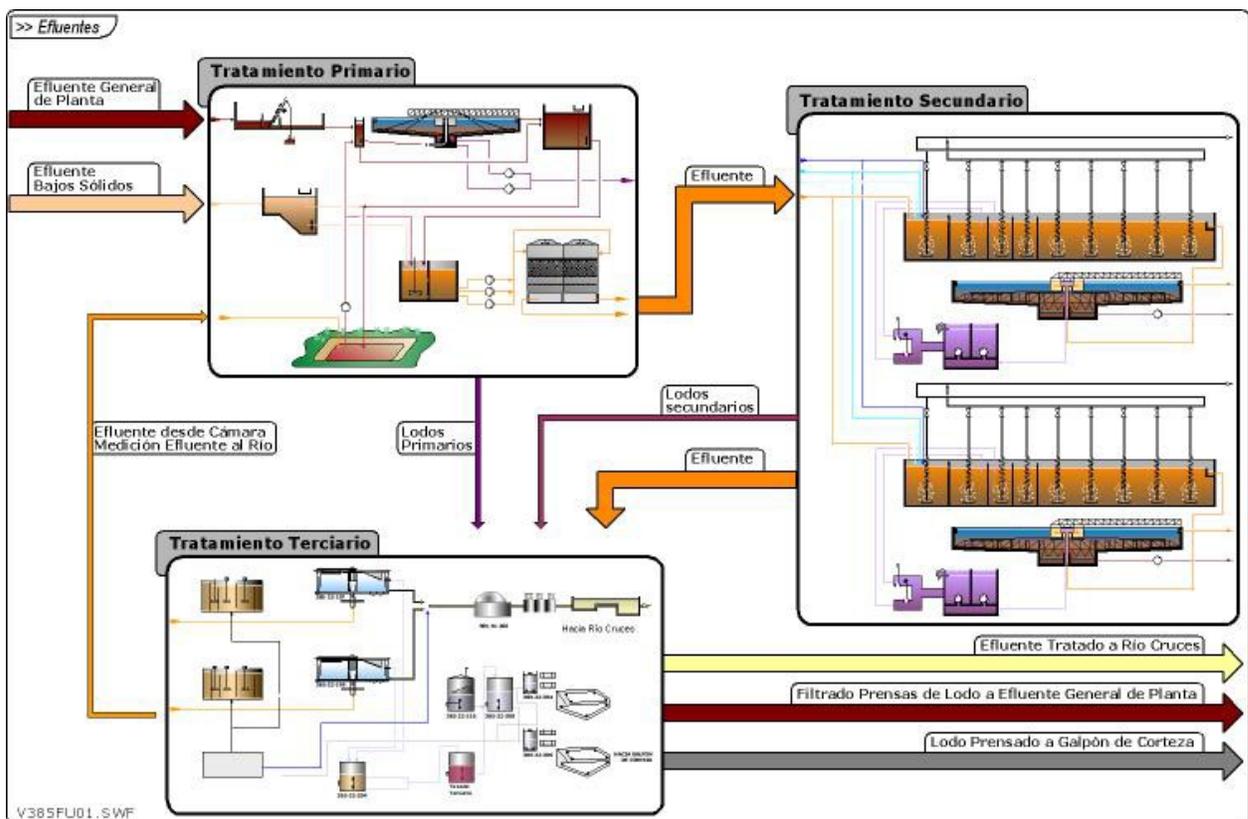
En conclusión, un derrame de licor verde, o de cualquier otro producto químico, que se produzca en la Planta Valdivia forzosamente deberá pasar primero por la planta de tratamiento de efluentes antes de ser descargado al río Cruces. No existe posibilidad alguna que una sustancia utilizada en el proceso alcance en forma directa un curso o cuerpo de agua.

5 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFUENTES

5.1 Descripción general

El sistema de tratamiento de efluentes permite tratar el efluente general de la planta y el efluente con bajo contenido de sólidos en una misma planta. En la figura siguiente se muestra un diagrama general de la planta en el que se muestra las distintas etapas que comprende el tratamiento de los efluentes de la planta de celulosa Valdivia.

Figura 5.1 Diagrama General del Tratamiento de Efluentes



5.2 Tratamiento primario

La función principal del Sistema Tratamiento Primario es la separación de los sólidos y la neutralización y enfriamiento del efluente.

El efluente general es sometido a un proceso de separación de sólidos, el que se realiza en dos etapas:

1. Separación mecánica gruesa.
2. Separación fina por diferencia de densidad de las partículas con respecto al agua.

Después de este proceso, el efluente general ingresa a la cámara de neutralización.

El efluente bajo en sólidos, al no tener sólidos en suspensión, ingresa directamente a la cámara de neutralización, en donde se junta con el efluente general para continuar juntos el proceso de tratamiento.

La neutralización del efluente se realiza adicionando soda o ácido sulfúrico, dependiendo si el efluente es ácido o básico, y el proceso de enfriamiento se realiza a través de dos Torres de Enfriamiento.

El sistema cuenta, además, con una Laguna de Derrames para canalizar emergencias operacionales.

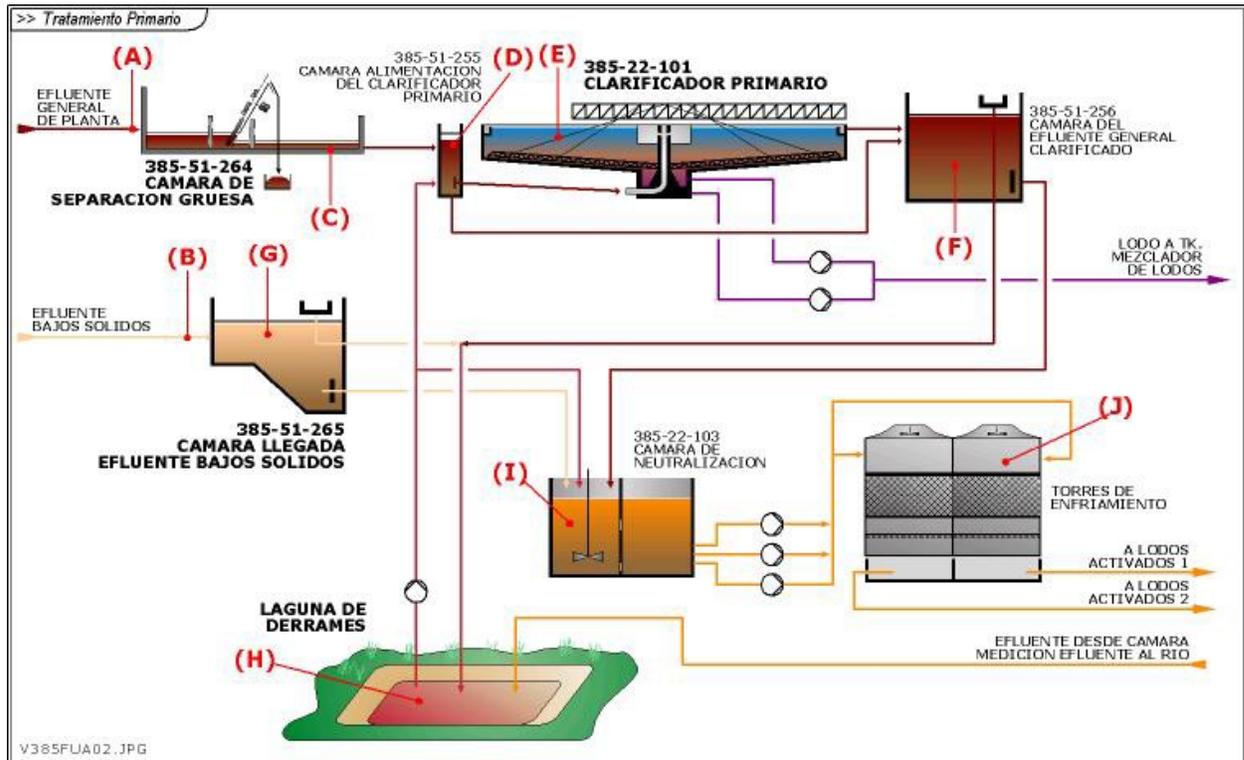
En la laguna de derrames se almacena el efluente que tiene el pH y/o la conductividad fuera de norma, producto de alguna contingencia en los procesos de Planta. Mientras se corrige esta desviación de proceso, el efluente se deriva a esta Laguna de Derrames para luego ser bombeado nuevamente al Proceso de Tratamiento Primario.

A esta laguna llegan también las aguas lluvias que hayan sido contaminadas por algún producto químico, debido a que en la Cámara 14 del sistema de alcantarillado de aguas lluvia existe un sistema que controla el pH y la conductividad del fluido que por allí circula y, si están fuera de rango, son automáticamente derivados hacia la laguna de derrames.

5.2.1 Componentes del sistema

Los componentes del Sistema de Tratamiento Primario se muestran en la siguiente figura.

Figura 5.2 Tratamiento Primario



- (A) Ducto Descarga Gravitacional Efluente General Planta:** Conduce el Efluente General de Planta al Sistema de Tratamiento Primario, específicamente a la Cámara Separación Gruesa.
- (B) Ducto Descarga Gravitacional Efluente Bajos Sólidos:** Conduce el Efluente Bajos en Sólidos al Sistema de Tratamiento Primario, específicamente a la Cámara Compuerta Control Remoto Desagüe Bajos Sólidos.
- (C) Cámara Separación Gruesa:** En esta cámara se realiza la extracción de los sólidos en suspensión (Clasificación Mecánica) contenidos en el efluente general.
- (D) Cámara Alimentación del Clarificador Primario:** Deriva el Efluente General de Planta hacia la Cámara de Neutralización permitiendo aislar el Clarificador Primario.
- (E) Clarificador Primario:** Separa los sólidos del Efluente General por decantación.
- (F) Cámara del Efluente General Clarificado:** Deriva el Efluente del Clarificador Primario hacia la Laguna de Derrames cuando el pH esté fuera de rango, aislando de esta forma la Cámara de Neutralización.
- (G) Cámara Llegada Efluente Bajos en Sólidos:** Deriva el Efluente Bajos en Sólidos a la Laguna de Derrames cuando su pH esté fuera de rango, impidiendo así su llegada a la Cámara de Neutralización.

(H) Laguna de Derrames: Piscina artificial que almacena los rebases y by-pass de algunos equipos.

(I) Cámara de Neutralización: Neutraliza el Efluente Total (General + Bajo en Sólidos) ajustando el pH con la adición de soda o ácido sulfúrico, dependiendo si el efluente total es ácido o alcalino.

(J) Torres de Enfriamiento: Bajan la temperatura del Efluente antes de ingresar al Tratamiento de Lodos Activados.

5.3 Tratamiento secundario

Este sistema tiene por finalidad reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del Efluente mediante un tratamiento de lodos activados que permite la degradación biológica de los sólidos presentes en el efluente.

El principio básico del proceso de Lodos Activados consiste en que las aguas residuales se ponen en contacto con una población microbiana mixta, en forma de suspensión floculenta, en un sistema aireado. La materia en suspensión y coloidal se elimina rápidamente de las aguas residuales por adsorción y aglomeración en los flóculos microbianos (agrupación de partículas en flóculos de mayor tamaño y más fácil de sedimentar). Esta materia y los nutrientes disueltos se descomponen luego, más lentamente, por metabolismo microbiano, en un proceso conocido como estabilización. En este proceso, parte del material nutriente se oxida a sustancias simples estables (mineralización) y parte se convierte en materia celular nueva (asimilación). Parte de la masa microbiana (materia celular) se descompone también de la misma manera en un proceso llamado Respiración Endógena.

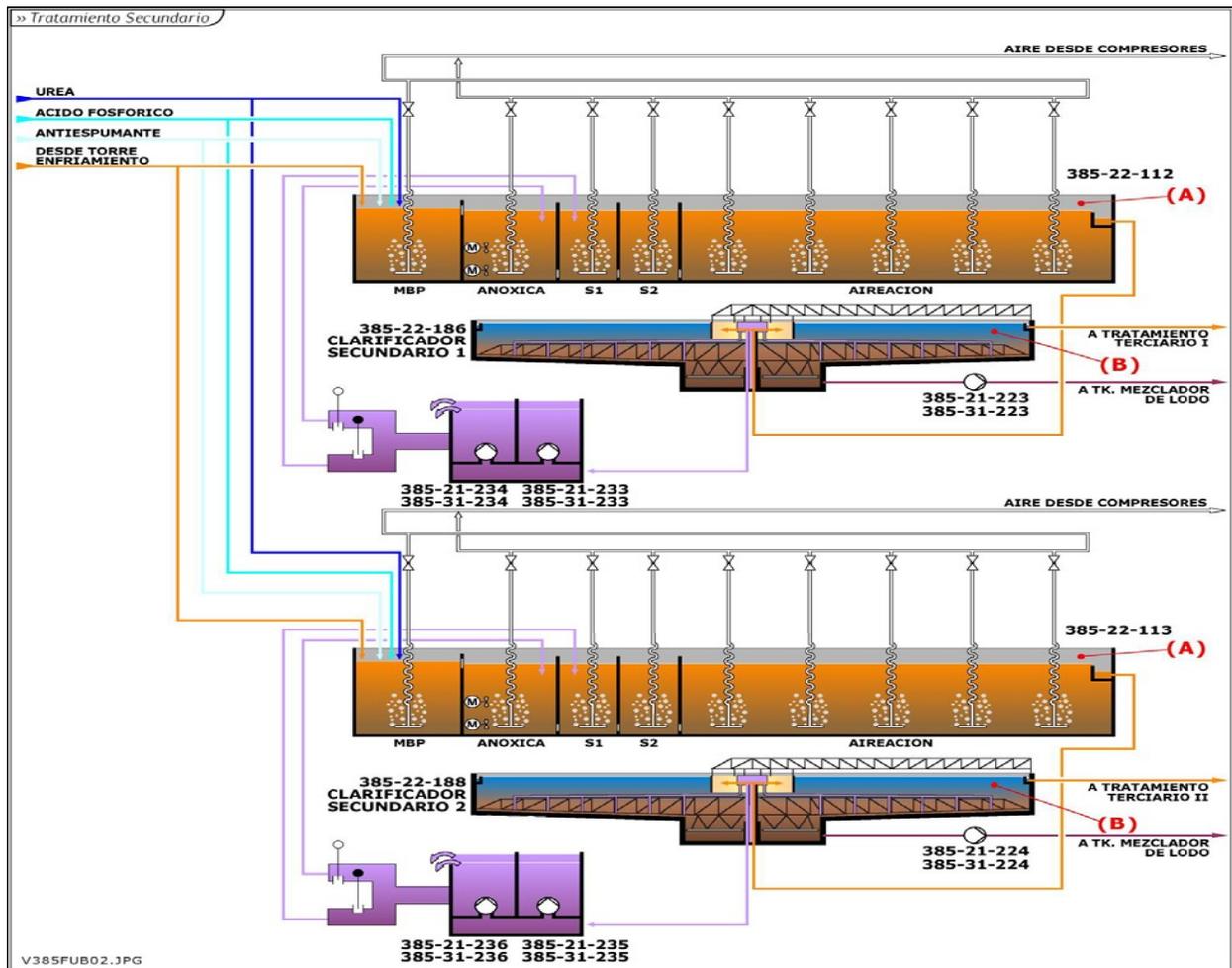
Una vez que se alcanza el grado de tratamiento que se desea la masa microbiana floculenta, conocida como Lodo, se separa del agua residual por decantación. El sobrenadante de la etapa de separación sólido – líquido corresponde al agua residual tratada.

Los principales objetivos del tratamiento secundario son la reducción de la BOD y la descomposición del Clorato (ClO_3) incorporado en el efluente del área de Blanqueo. Todo lo anterior con una baja generación de lodo biológico.

5.3.1 Componentes del sistema

La planta cuenta con dos líneas trabajando en paralelo. Cada línea está compuesta por una unidad de tratamiento de Lodos Activados y un clarificador secundario. En la figura siguiente se muestra un diagrama con los componentes del tratamiento secundario, los que se describen a continuación.

Figura 5.3 Tratamiento secundario



(A) Lodos Activados: En esta unidad se produce la degradación de la carga orgánica del Efluente mediante el proceso de lodos activados.

El proceso de lodos activados tiene por finalidad reducir la carga orgánica del Efluente mediante un proceso biológico. Para ello se tiene una población de microorganismos que utilizan la materia orgánica biodegradable contenida en el efluente como fuente de nutrientes y energía para su propia propagación, generando agua, gases (CO₂ - CH₄) y materia celular. Para esto, se requieren condiciones ambientales ideales para su crecimiento, tales como: Temperatura, Nutrientes, pH, Oxígeno y Antiespumante.

(B) Clarificador Secundario: En esta unidad se realiza la separación de los lodos generados en el tratamiento, con lo que se logra la clarificación del efluente del proceso de lodos activados. Este efluente, con baja carga orgánica, continuará hacia el tratamiento terciario

5.3.2 Características Ambientales Necesarias para el Crecimiento Bacteriano

Temperatura:

El Efluente es enfriado en las Torres de Enfriamiento antes de entrar al tratamiento de Lodos Activados.

Es indispensable controlar la temperatura de entrada a los Lodos Activados para asegurar la eficiencia del tratamiento Biológico. La temperatura no sólo influye en las actividades metabólicas de la población microbiana, sino que también, tiene un profundo efecto en la velocidad de transferencia de gases y, por sobre todo, en la sedimentación del Lodo Biológico (Efecto Bulking).

Para obtener una óptima eficiencia en los Lodos Activados es deseable trabajar con temperaturas en el rango de 5 - 39 °C. Planta Valdivia opera con temperaturas máximas de 30°C.

Nutrientes:

Para que la población micro-orgánica pueda reproducirse y funcionar debe tener una fuente de energía, Carbono, para la síntesis o producción de materia celular nueva, y algunos nutrientes inorgánicos (Nitrógeno y fósforo). La materia orgánica es la principal fuente de carbono celular para los microorganismos.

pH:

El pH afecta de manera similar que la temperatura a la cinética de crecimiento microbiano. Cabe señalar que para cada sistema biológico de oxidación existe un rango de pH mayormente efectivo, que generalmente ocurre entre los valores 6.5 y 8.5 de pH. Valores de pH fuera de ese rango influirán negativamente en las actividades metabólicas de la población microbiana, pudiéndose llegar a la muerte de las bacterias si el pH se eleva en exceso.

Antiespumante:

El antiespumante tiene por objeto disminuir la espuma generada por los jabones de sodio contenidos en el Efluente cuando entran en contacto con el aire en exceso en la Cámara MBP.

Oxígeno:

La demanda de oxígeno de un cultivo está determinada por la concentración celular, la velocidad específica de crecimiento y el coeficiente de rendimiento de oxígeno.

En teoría, la cantidad de oxígeno transferido al Estanque de Aireación, o Reactor Biológico, debiera ser igual a la cantidad de oxígeno demandada por los microorganismos del sistema de Lodos Activados y las líneas de retorno de los Lodos. Esto con el propósito de oxidar la materia orgánica y para mantener los niveles operativos de oxígeno disuelto residual. Cuando el nivel de oxígeno limita el crecimiento de microorganismos y la temperatura es alta, pueden

predominar los microorganismos filamentosos, empobreciendo las características de sedimentabilidad y calidad de los Lodos Activados, "Efecto Bulking".

En la práctica, se debería mantener la concentración de oxígeno disuelto en todos los puntos del estanque de aireación entre 1.5 y 4 mg/l; el valor normalmente empleado es 2 mg/l.

5.4 Tratamiento terciario

Este sistema tiene por finalidad decantar los sólidos suspendidos (partículas que no decantan) en el efluente obteniendo un Efluente Clarificado Final, el cual es enviado al medidor Parshall de Efluente Tratado y luego derivado al río Cruces. Además cuenta con un sistema de tratamiento de Lodos.

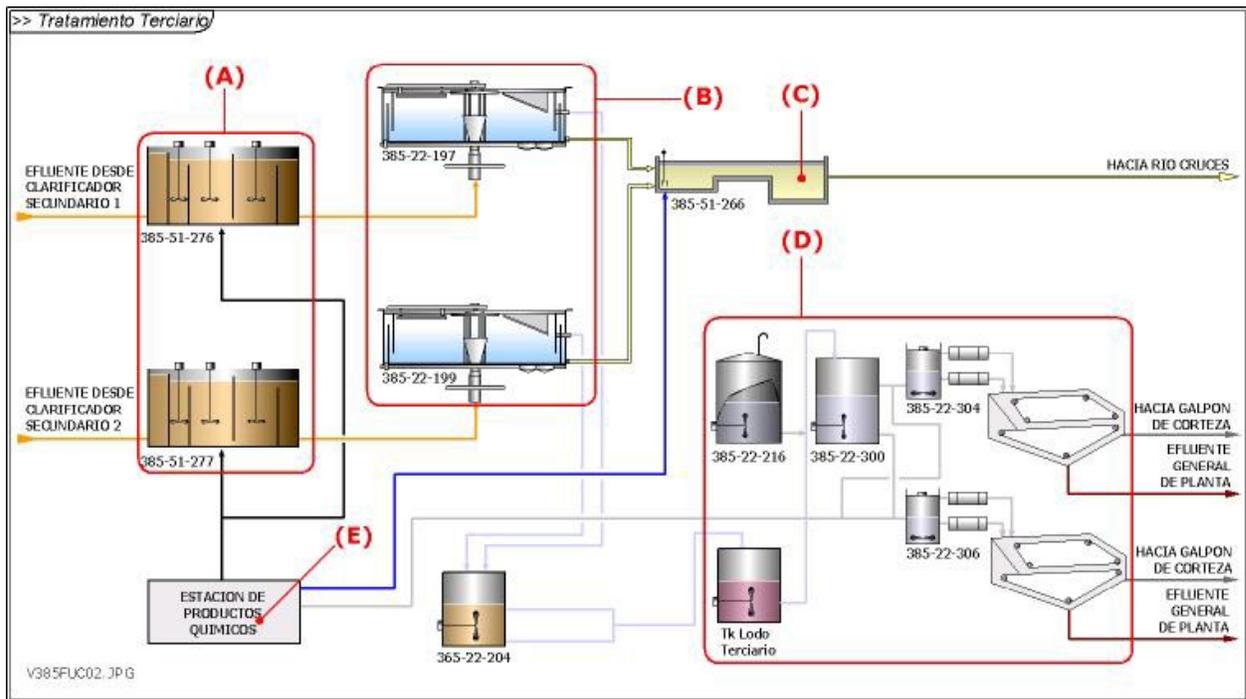
Los lodos extraídos desde el Clarificador de Flotación, se espesan y se prensan en las dos Líneas de Prensas, para obtener un Lodo a 25 a 30% seco, el cual es enviado al Galpón de Corteza para ser luego incinerado en la Caldera de Biomasa.

5.4.1 Componentes del sistema

Los componentes del Sistema de Tratamiento Terciario son los que se describen a continuación, haciendo referencia a la figura siguiente:

- (A) Cámara de Coagulación y Floculación:** En esta estructura se realiza la mezcla del Efluente con los Productos Químicos, produciéndose una coagulación y luego una floculación de las Partículas de Coloidales (Cada Línea de Tratamiento Terciario tiene una Cámara de Floculación).
- (B) Clarificador de Flotación:** Separa los Flóculos de Lodos suspendidos en el Efluente, mediante el arrastre de los Flóculos de Lodo por burbujas de aire (Cada Línea de Tratamiento Terciario tiene un Clarificador por Flotación).
- (C) Parshall de Efluente Tratado:** Recibe y mide el flujo del Efluente tratado y lo deriva al río Cruces o a la Laguna de Derrames, dependiendo del valor de los parámetros operacionales. Existe un solo Parshall para ambas Líneas de Tratamiento Terciario.
- (D) Prensas de Lodo:** El objetivo de estos equipos es deshidratar los lodos que se generan en el proceso, para su posterior incineración en la caldera.
- (E) Dosificación de Productos Químicos:** En esta unidad se dosifica los Productos Químicos hacia los distintos puntos del Área de Tratamiento de Efluentes.

Figura 5.4 Tratamiento terciario



6 COMPORTAMIENTO DEL EFLUENTE FRENTE AL DERRAME DE LICOR VERDE

6.1 General

Como ya se ha indicado, el día 17 de Enero, alrededor de las 13:45 horas, se produjo un derrame interno de licor verde, cuyo volumen fue aproximadamente de 1,2 m³

El rebase del sumidero del circuito de licor verde (ver fig. N° 4.1) está conectado con el sistema recolector del efluente general de la planta de celulosa por lo que, forzosamente, cualquier derrame llega a la planta o sistema de tratamiento de efluentes. De esta forma, donde primero se notará el efecto de un derrame será en el funcionamiento de la planta y luego en el efluente de la misma.

El licor verde es un producto compuesto principalmente por sulfuro de sodio e hidróxido de sodio (soda caustica). Es un líquido verdoso, alcalino (pH \pm 12), soluble en agua y de olor pestilente que puede tener efectos importantes en el comportamiento de una planta de tratamiento, dependiendo de la cantidad vertida en el sistema recolector de efluentes. En Anexo B se muestra la hoja de seguridad de este producto.

El pH adecuado para el tratamiento biológico de lodos activados está en el rango de 6,5 a 8,5. Valores de pH fuera de ese rango pueden provocar condiciones inadecuadas para el crecimiento y mantenimiento de la masa bacteriana presente en estanque de aireación.

Un pH alrededor de 12 es absolutamente incompatible con la presencia del tipo de bacterias que se desarrollan en el tratamiento de lodos activados lo que se traduciría en una mortandad de la flora bacteriana y en un incremento notorio de la demanda bioquímica (DBO) en el efluente que sale de la planta de tratamiento.

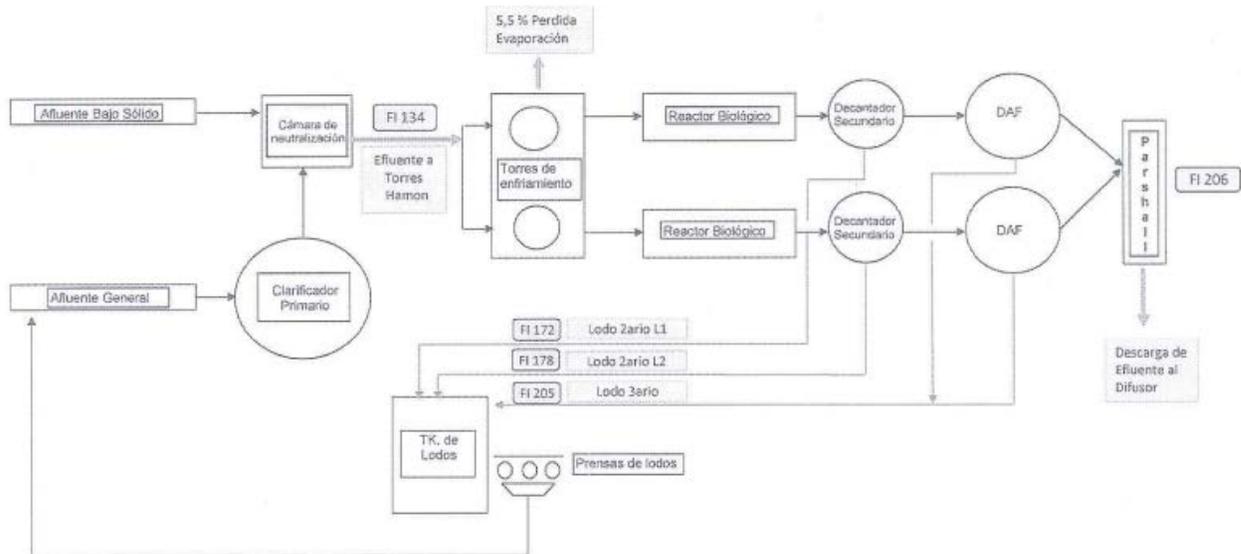
El efecto que pudiera haber tenido el derrame interno de licor verde en el sistema de efluentes de la planta de celulosa se analizará desde los siguientes ángulos:

- Parámetros físicos en la planta de tratamiento.
- Eficiencia biológica del sistema de tratamiento.

Ambos aspectos que son analizados a continuación.

En la figura N° 6.1 se muestra un diagrama general del sistema de tratamiento de efluente, diagrama que servirá para analizar y tener una mejor comprensión de los efectos del derrame.

Figura N° 6.1 Diagrama de proceso



6.2 Parámetros físicos en la planta de tratamiento

Los parámetros físicos más relevantes de la planta de tratamiento de efluentes son el pH, la temperatura y el contenido de oxígeno en la etapa de aireación. Estos parámetros deben mantenerse dentro de ciertos rangos, de modo que se den las condiciones para el desarrollo y crecimiento de la masa microbiológica encargada de degradar la materia orgánica presente en el efluente de la Planta Valdivia.

En las figuras siguientes se muestra la variación del pH en distintas etapas del proceso. Estas mismas figuras se muestran en un formato de mayor tamaño en el Anexo C Registros de variables de proceso.

Figura N° 6.2 pH en cámara de neutralización



Figura N° 6.3 pH en Tk de aireación N° 1 y temperatura en torre de enfriamiento N° 1

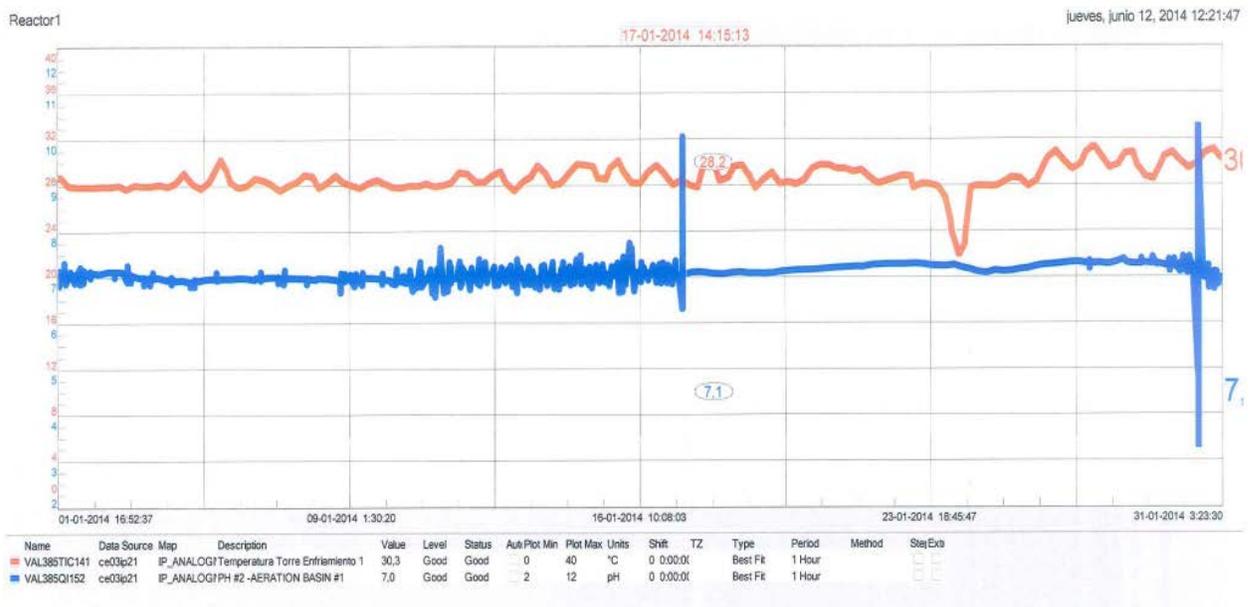


Figura N° 6.4 pH en Tk de aireación N° 2 y temperatura en torre de enfriamiento N° 2



Figura N° 6.5 pH en cámaras de floculación N° 1 y N° 2 y pH del efluente tratado



Dado que los efluentes general y bajo en sólidos llegan a la cámara de neutralización sin acondicionamiento previo, el pH en esta cámara tiene variaciones importantes, dependiendo del proceso industrial que dio origen a los efluentes. El día 17 de enero de 2014 se observa una pequeña alza del pH, la que podría atribuirse al derrame.

Luego, en los estanques de aireación, el pH es mucho más uniforme y circunscrito al rango de operación normal. Las variaciones extremas que se observan en el estanque 1 corresponden a calibraciones de la sonda de pH, las que se realizan luego de un período en el que las mediciones presentan oscilaciones en un rango fuera de lo habitual.

A la salida del tratamiento biológico (esto es, en las cámaras de floculación), el pH en ambas cámaras es muy estable y, prácticamente, igual en ambas cámaras.

Por último, el efluente tratado también tiene un pH estable y dentro del rango.

Al igual que en el caso de los estanques de aireación, los valores fuera de rango corresponden a acciones de calibración de la sonda.

Cabe señalar que en ninguna de las etapas del proceso, con excepción de la cámara de neutralización, el pH sufrió variaciones de importancia el día del derrame ni en los días posteriores.

La temperatura controlada en las cámaras de aireación se mantuvo, en general, bajo los 30°C y no se observan afectaciones a esta variable.

6.3 Eficiencia biológica del sistema de tratamiento

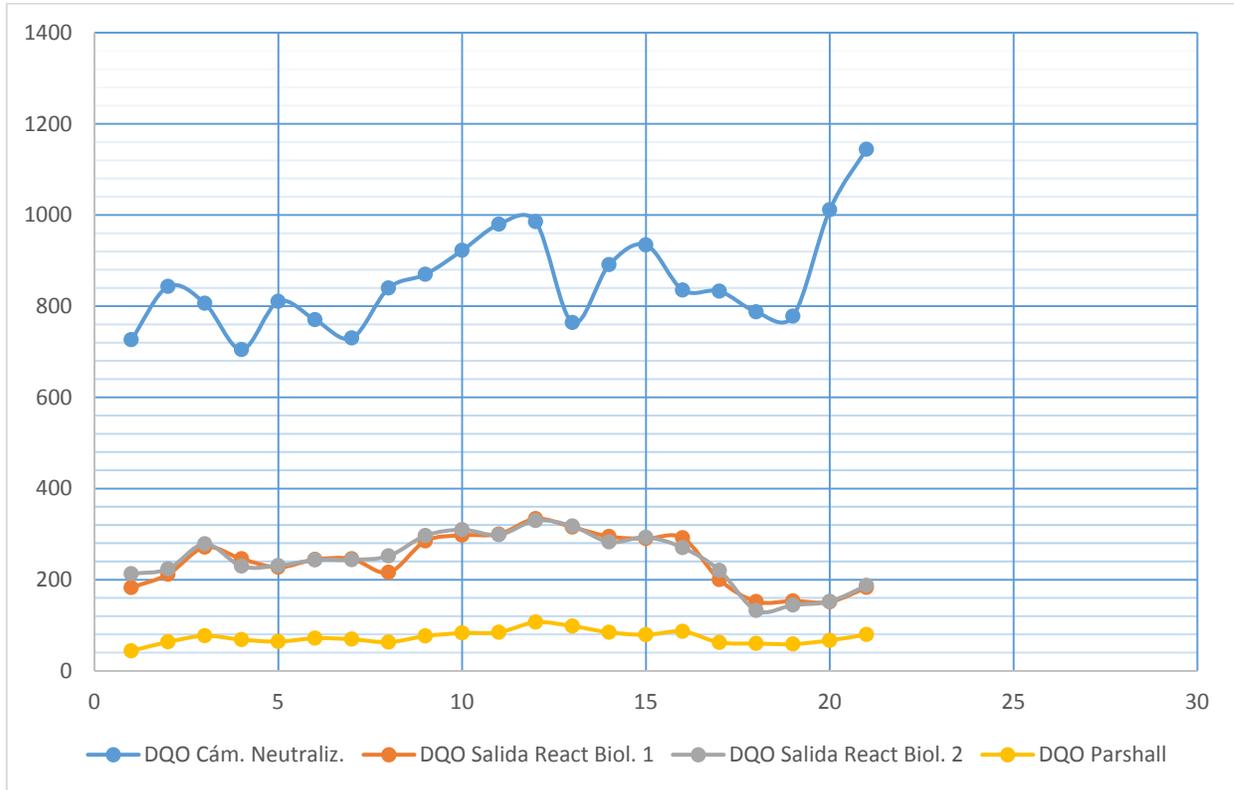
El funcionamiento del tratamiento de lodos activados se mide a través de la medición de la demanda biológica de oxígeno al quinto día de tomada la muestra (DBO_5). Ahora bien, este parámetro debe medirse en laboratorio debido a que es necesario realizar un cultivo y, pasado los cinco días, se determina la demanda biológica de oxígeno. Por esta razón, este parámetro no puede ser tomado en línea. Lo que sí puede ser tomado en línea es la demanda química de oxígeno (DQO), que incluye la DBO. No hay una relación directa entre ambos parámetros pero sí una cierta relación, por lo que puede servir de guía para verificar el comportamiento del tratamiento.

En la figura N° 6.6 se muestra las mediciones diarias de DQO efectuadas durante los primeros días del mes de Enero en diversos puntos del tratamiento. En ella se puede observar la reducción notoria de la DQO a medida que avanza el tratamiento. En efecto, de una DQO del orden de 700 a 1.000 mg/lit, en la cámara de neutralización al inicio del proceso, se llega a DQO del orden de los 50 a 100 mg/lit en la descarga de la planta (canaleta Parshall).

También es posible observar que el día 17 de Enero la DQO tuvo una reducción en comparación de los días anteriores, tanto en los reactores biológicos como en la canaleta Parshall, en la descarga de la planta. Este valor se mantuvo bajo en los días siguientes. Esta situación es indicativa que el derrame interno de licor verde no fue lo suficientemente importante como para alterar el funcionamiento de la planta de tratamiento. Es más, la planta,

en el día del derrame y en los días siguientes, entregó un efluente de mejor calidad al que venía entregando los días previos.

Figura 6.6 DQO en el mes de Enero



En la tabla N° 6.1 siguiente se muestra los resultados de los análisis de DBO₅ y DQO efectuados por el laboratorio de Eula durante el mes de Enero de 2014.

Tabla N° 6.1 DBO₅ y DQO en la descarga

Fecha	DBO ₅ mg/l	DQO mg/l
02-01-14	2,7	56
09-01-14	2,9	72
16-01-14	<2,0	60
23-01-14	<2,0	83
30-01-14	3,5	63

En ella es posible observar que la DBO₅ medida una semana después del derrame es inferior al rango de medición del equipo. Esto confirman lo expresado anteriormente, es decir, que el derrame no tuvo incidencia alguna en la calidad de la descarga de la planta de tratamiento de

efluentes. En efecto, de haber tenido alguna incidencia, se habría producido una mortandad de la masa bacteriana en los reactores biológicos con lo que la DBO_5 medida a los seis días del derrame habría aumentado con relación a la medición anterior, situación que no se dio.

Cabe destacar que el Decreto 90, que regula las descargas de RILes a cursos naturales, exige una DBO_5 de 35 mg/l y la planta está entregando un efluente con una DBO_5 menor de 4 mg/l.

En consecuencia, se puede afirmar que el derrame interno de licor verde no tuvo ningún efecto en el funcionamiento de la planta de tratamiento ni en la calidad del efluente de la planta, el cual es posteriormente descargado a río Cruces.

7 CONCLUSIONES

Teniendo en consideración que:

- La única vía de evacuación de los rebases del sumidero del sistema de licor verde es el sistema de recolección del efluente general ya que, si hubiera escurrido hacia el alcantarillado de aguas lluvia, en la cámara N° 14 de este sistema, el rebase controlado o derrame interno hubiera sido derivado hacia la laguna de derrames. Posteriormente, habría sido enviado hacia la planta de tratamiento de efluentes.
- El pH de los reactores biológicos no sufrió alteración apreciable como consecuencia del derrame.
- El pH de la descarga de la planta, medido en la canaleta Parshall, se mantuvo dentro de los rangos normales de funcionamiento de la planta.
- La DQO en los reactores biológicos y en la descarga durante el día del derrame y en los días siguientes sufrió un descenso con relación a los días anteriores.
- La DBO₅ medida en la descarga de la planta a los seis días de producido el derrame es similar a la medida el día anterior al derrame e inferior al rango de medición del equipo.
- Los parámetros operacionales del efluente de la planta, medidos en la canaleta Parshall de descarga en los días posteriores al derrame, están dentro de los rangos habituales de operación de la planta de tratamiento de efluentes y cumplen holgadamente con el DS 90 y las exigencias de la RCA.

Se puede concluir que:

- El derrame interno de licor verde tuvo que pasar necesariamente por el sistema de tratamiento de efluentes, de lo cual además existe evidencia (se puede observar en los gráficos), descartándose que dicho derrame pudiera alcanzar el río Cruces en forma directa sin pasar por este sistema de tratamiento.
- La descarga de licor verde ocurrida el día 17/01/2014 no impactó el desempeño de los reactores biológicos secundarios del sistema de tratamiento de efluentes de Planta Valdivia.
- El derrame de licor verde no tuvo ningún efecto en el sistema de tratamiento de efluentes de la Planta Valdivia.

Alfredo Grez Pérez

Ingeniero Civil PUC

GAMMA Ltda.

Santiago, 10 de julio de 2014

ANEXO A

LAY- OUT PLANTA VALDIVIA Y
DIAGRAMAS DE PROCESO DE
SISTEMAS RECOLECTORES DE EFLUENTES

Figura N° A.1 Lay - Out Planta Valdivia

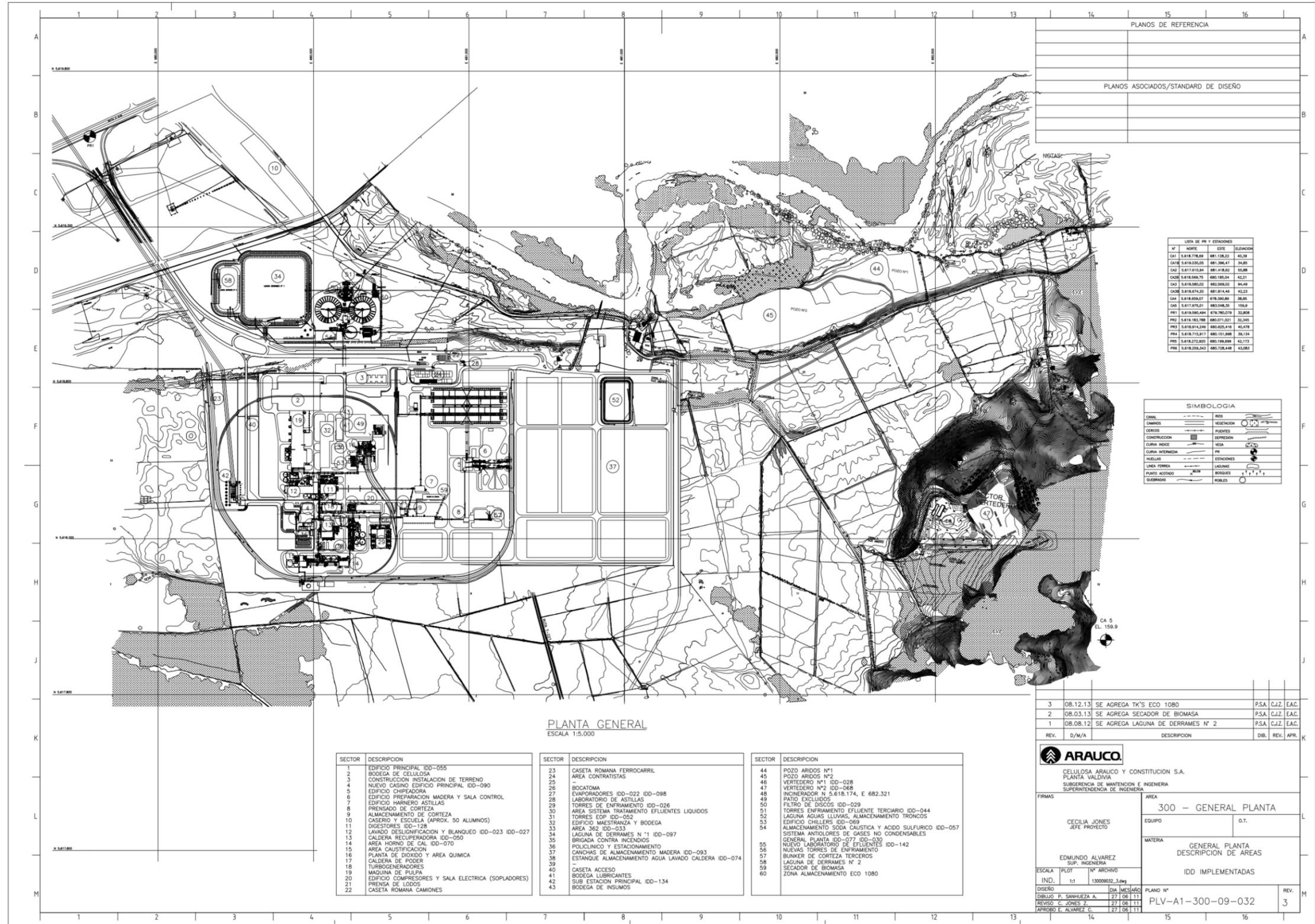


Figura N° A.2 Sistema recolector efluente bajo en sólidos

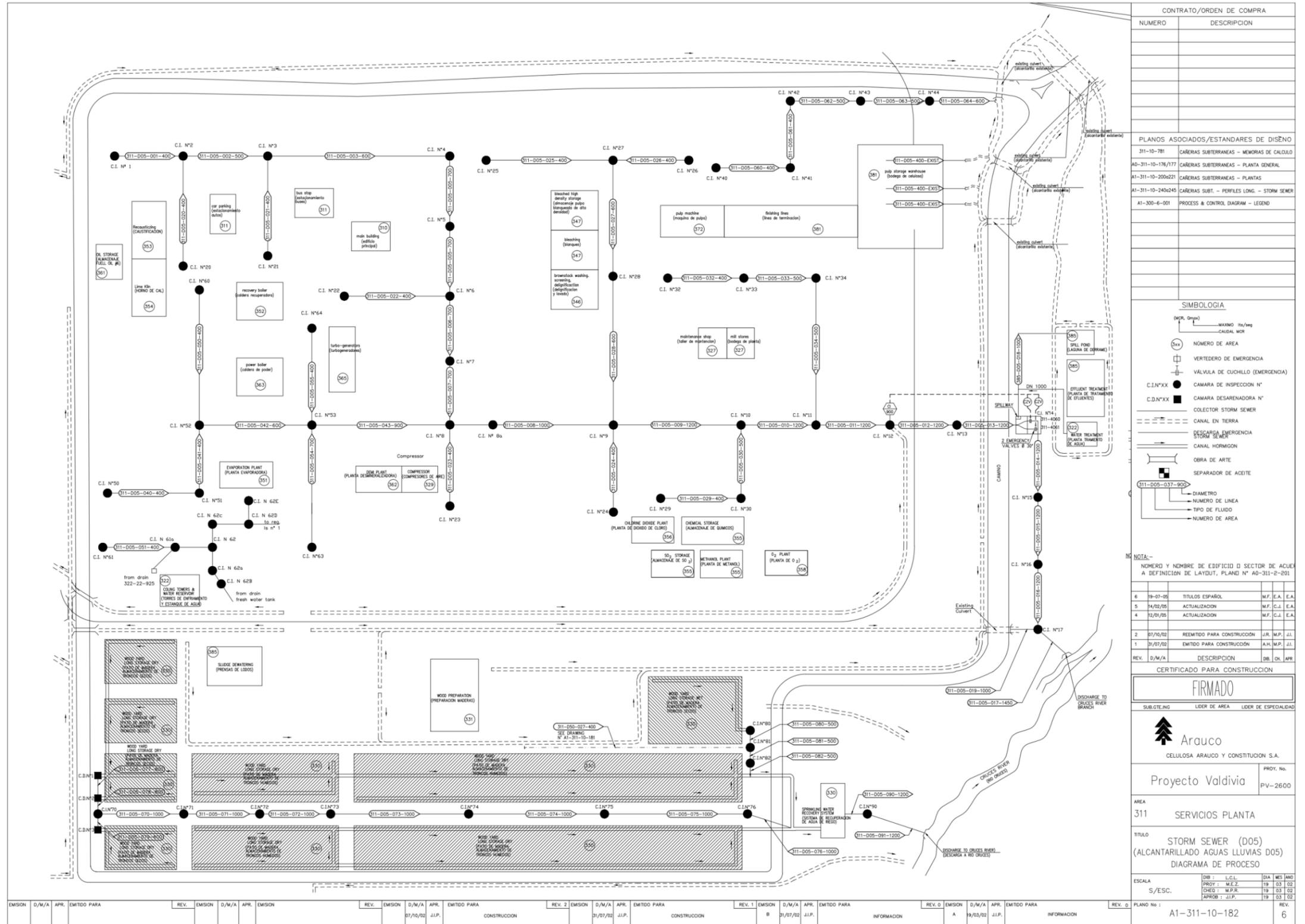
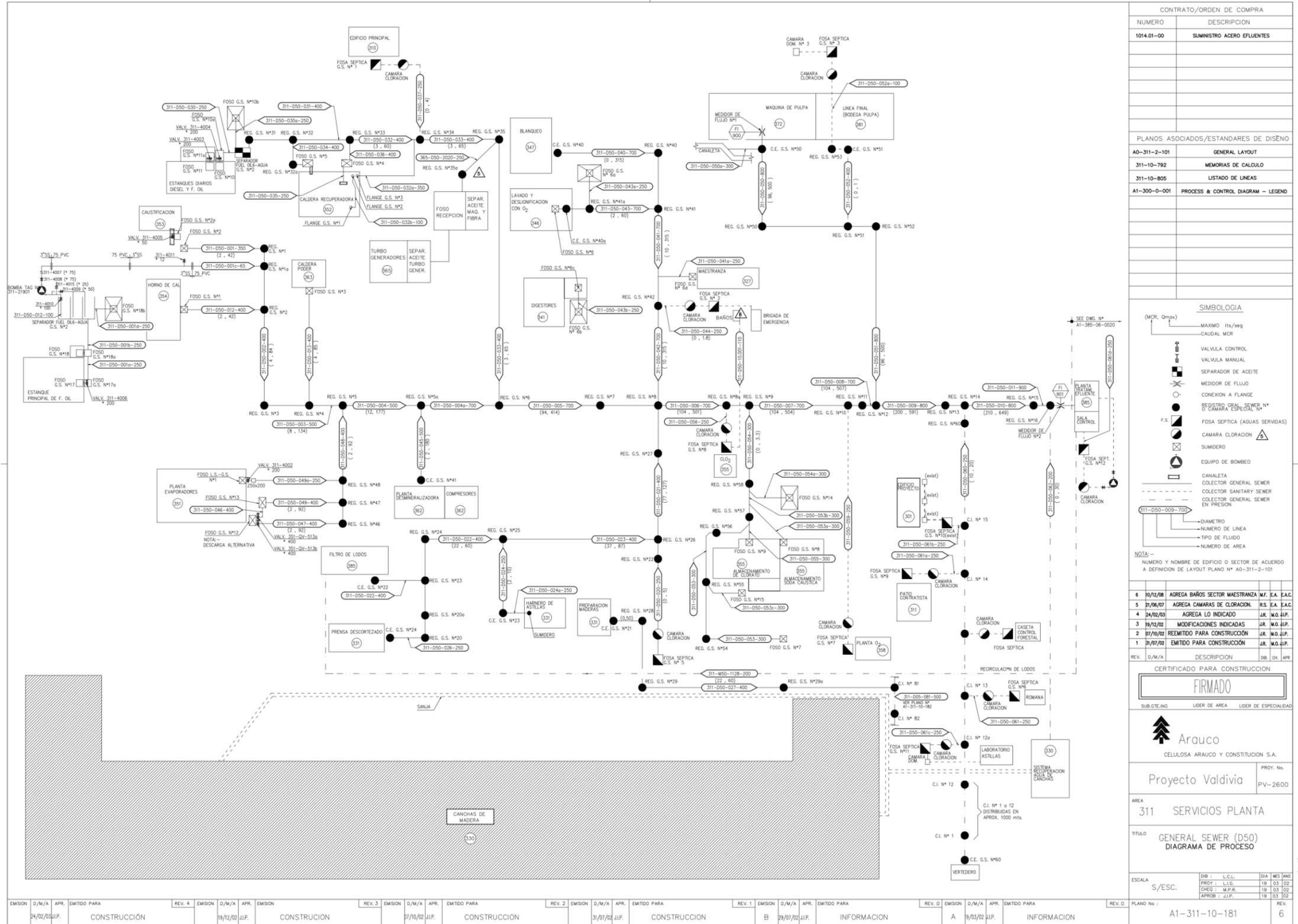
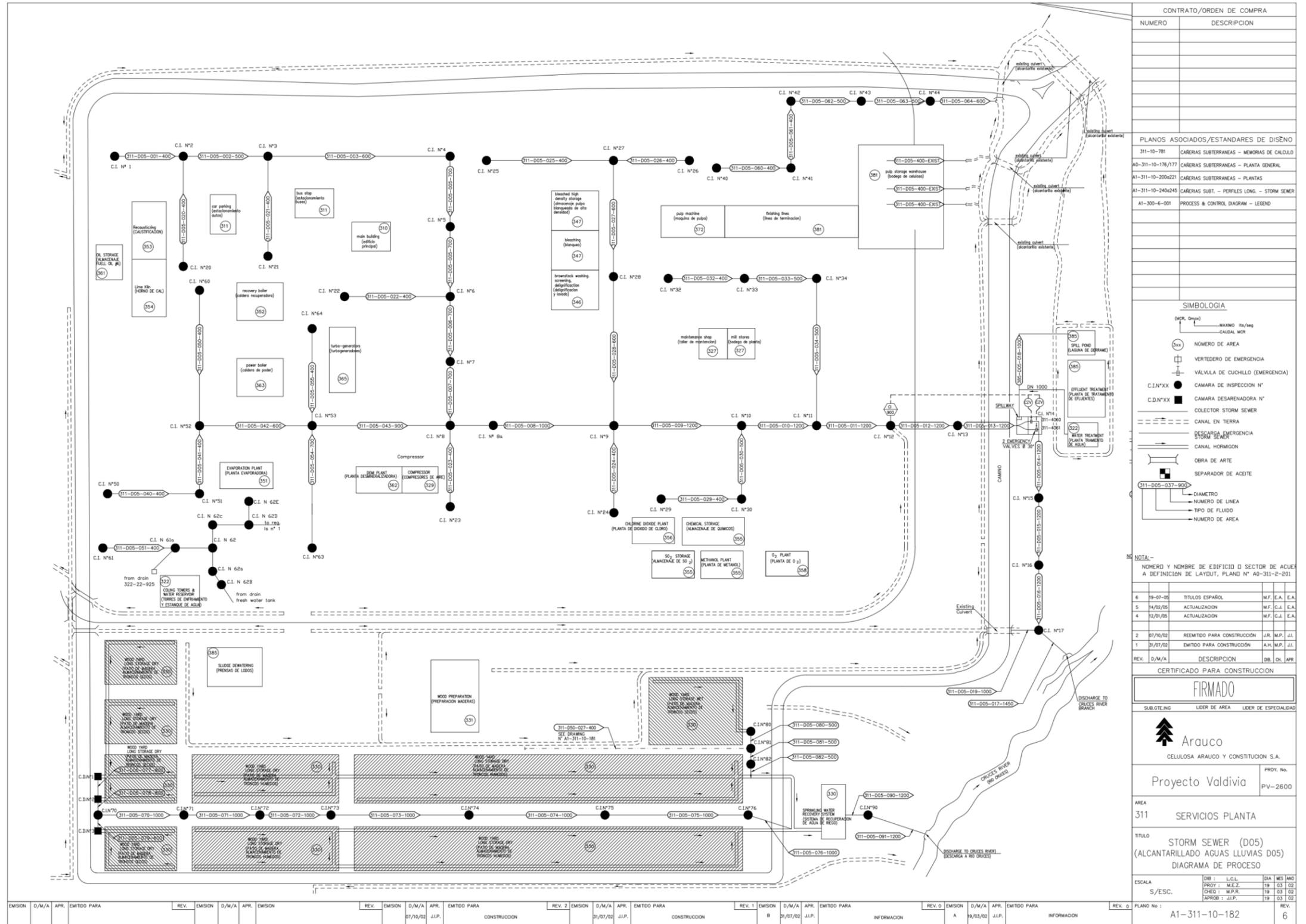


Figura N° A.3 Sistema recolector efluente general



CONTRATO/ORDEN DE COMPRA					
NUMERO	DESCRIPCION				
1014.01-00	SUMINISTRO ACERO EFLENTE				
PLANOS ASOCIADOS/ESTANDARES DE DISEÑO					
A0-311-2-101	GENERAL LAYOUT				
311-10-792	MEMORIAS DE CALCULO				
311-10-805	LISTADO DE LINEAS				
A1-300-0-001	PROCESS & CONTROL DIAGRAM - LEGEND				
SIMBOLOGIA					
(MCR, Dm ²)	MAXIMO lts/seg CAUDAL MCR				
(V)	VALVULA CONTROL				
(V)	VALVULA MANUAL				
(S)	SEPARADOR DE ACEITE				
(M)	MEDIDOR DE FLUJO				
(C)	CONEXION A FLANGE				
(S)	REGISTRO ORAL SEWER N° O CAMARA ESPECIAL N°				
(F.S.)	FOSA SEPTICA (AGUAS SERVIDAS)				
(C)	CAMARA CLORACION				
(S)	SUMIDERO				
(B)	EQUIPO DE BOMBEO				
(C)	CANALETA				
(C)	COLECTOR GENERAL SEWER				
(C)	COLECTOR SANITARY SEWER				
(C)	COLECTOR GENERAL SEWER EN PRESION				
(D)	DIAMETRO				
(L)	NUMERO DE LINEA				
(T)	TIPO DE FLUIDO				
(A)	NUMERO DE AREA				
NOTIA: - NUMERO Y NOMBRE DE EDIFICIO O SECTOR DE ACUERDO A DEFINICION DE LAYOUT PLANO N° A0-311-2-101					
6	10/12/01	AGREGA BAÑOS SECTOR MAESTRANZA	M.F.	E.A.	E.A.C.
5	27/06/07	AGREGA CAMARAS DE CLORACION	R.S.	E.A.	E.A.C.
4	24/02/03	AGREGA LO INDICADO	J.R.	M.G.	J.P.
3	18/12/02	MODIFICACIONES INDICADAS	J.R.	M.G.	J.P.
2	07/07/02	REMITIDO PARA CONSTRUCCION	J.R.	M.G.	J.P.
1	31/01/02	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	J.R.	M.G.	J.P.
REV.	D/M/A	DESCRIPCION	DB.	CH.	APR.
CERTIFICADO PARA CONSTRUCCION					
FIRMADO					
SUB. GTE. ING.		LIDER DE AREA		LIDER DE ESPECIALIDAD	
 Arauco CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION S.A.					
Proyecto Valdivia				PROY. No: PV-2600	
AREA 311 SERVICIOS PLANTA					
TITULO GENERAL SEWER (D50) DIAGRAMA DE PROCESO					
ESCALA S/ESC.		DIB : L.C.L.		DIA MES AÑO 19 03 02	
		PROY : L.G.		19 03 02	
		CHD : M.P.R.		19 03 02	
		APROB : J.P.P.		19 03 02	
PLANO No : A1-311-10-181					
REV. 6					

Figura N° A.4 Alcantarillado de aguas lluvia



ANEXO B

HOJA DE SEGURIDAD DEL LICOR VERDE



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
LICOR VERDE

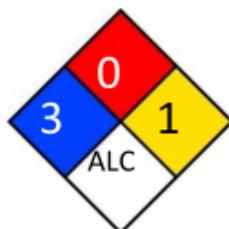
1. Identificación de la Sustancia Química y del Proveedor

Proveedor:	: Celulosa Arauco y Constitución S.A.	
Dirección:	: El golf 150, Piso 14, Las Condes - Santiago	
Teléfono:	: (56-2) 4617200	
Teléfono de emergencia	Planta Celulosa Arauco	: 56-41-2509412
	Planta Celulosa Constitución	: 56-71-200555
	Planta Celulosa Licancel	: 56-75-205155 (anexo 5155)
	Planta Celulosa Nueva Aldea	: 56-41-2862222
	Planta Celulosa Valdivia	: 56-63-271482
Fax	: (56-2) 6985967	
e-mail	: comunicaciones@arauco.cl	

2. Información sobre la Sustancia o Mezcla

Nombre Químico	: Licor Verde
Componentes principales de la mezcla	: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{S} + \text{NaOH}$
Componentes que contribuyen al riesgo	: Hidróxido de sodio (1824: NaOH), Sulfuro de Sodio (1849: Na_2S)
Código interno	: No disponible (SAP)
Concentración	: $\pm 10\text{g/l NaOH}$ y $\pm 50\text{ g/l Na}_2\text{S}$
Numero NU	: 1719 (Líquido alcalino cáustico)

3. Identificación de los Riesgos



Efectos negativos sobre la salud de las personas:

Efectos sobreexposición aguda (por una vez)::

Inhalación	: Nocivo. Puede causar lesiones severas (destrucción de los tejidos de las membranas mucosas y las vías respiratorias superiores) o la muerte.
Contacto con la piel	: Puede causar quemaduras, absorción cutánea. Puede ser nocivo en caso de absorción por la piel.
Contacto con los ojos	: Puede causar quemaduras severas de los tejidos oculares incluso la ceguera.



LICOR VERDE

Ingestión	: Nocivo. Puede causar quemaduras en la boca, faringe, esófago y tubo gastrointestinal. Existe riesgo de perforación intestinal y esófago.
Efectos sobreexposición crónica (largo plazo)	: Provoca quemaduras severas a la piel, ojos y membranas mucosas.
Condiciones médicas que se verán agravadas con la exposición del producto	: Las personas con desórdenes cutáneos ya existentes o problemas oculares o función hepática, renal o la función respiratoria pueden ser más susceptibles a los efectos de la sustancia.
Efectos sobre el medio ambiente	: Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.
Riesgos de naturaleza física o química	: La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales tales como zinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (combustible y explosivo). Ataca a algunas formas de plástico, de caucho y de recubrimientos. Absorbe rápidamente dióxido de carbono y agua del aire. Puede generar calor en contacto con la humedad o el agua.
Riesgos específicos (cuando sea apropiado)	: Es tóxico si es ingerido o inhalado y puede ser seriamente corrosivo para los ojos, piel y membranas mucosas.

4. Medidas de Primeros Auxilios

Medidas de primeros auxilios y acciones que se deben evitar a toda costa

Contacto con los ojos	: Lavar con abundante cantidad de agua durante 15 minutos por lo menos. Separar los párpados con los dedos para asegurar el buen enjuague de los ojos. Atención médica inmediata.
Inhalación	: Trasladar al afectado a un lugar libre de contaminantes. Solicite atención médica. Aplicar respiración artificial si la víctima no respira. No usar el método de respiración de boca a boca si la víctima ingirió o inhaló la sustancia. Dar respiración artificial con la ayuda de una máscara de bolsillo con una válvula de una sola vía u otro dispositivo médico de respiración. Suministrar oxígeno si respira con dificultad.
Contacto con la piel	: Quitar y aislar la ropa y calzado contaminados. Lavar inmediatamente la piel con agua corriente por lo menos durante 20 minutos. Evitar esparcir el material sobre la piel que no esté afectada.
Ingestión	: Si se ingiere, NO inducir el vómito. De grandes cantidades de agua. No dar nada por boca a una persona inconsciente. Obtener atención médica inmediatamente.
Tratamiento médico (antídoto, etc.)	: Lleve a cabo una endoscopia en todos los casos que sospeche que se ha ingerido el producto. Lleve a cabo análisis de sangre para determinar si ha ocurrido deshidratación, acidosis u otros desbalances de electrolitos. Si hay síntomas o se sospecha una sobreexposición, se recomienda tomar una radiografía del pecho después de una sobreexposición aguda (de corta duración).
Protección personal del equipo de primeros auxilios	: Ropa protectora contra productos químicos (PVC) y mascarilla de protección respiratoria con filtro de carbón activado.

5. Medidas para Combate del Fuego

Riesgos específicos a tomar en cuenta en las medidas para control del fuego	: Puede formar mezclas explosivas en el aire y vapores peligrosos. Los contenedores sellados pueden romperse al calentarse.
Agentes de Extinción	: Incendios pequeños: Polvo químico seco, CO2 y rocío de agua. Incendios grandes: usar polvo químico seco, CO2, rocío de agua, o espuma resistente al alcohol.



Contraindicaciones	: No introducir agua en los contenedores.
Métodos específicos a emplear para el combate del fuego	: Retire el contenedor apagado del lugar. Mantenga enfriando con agua el estanque aplicándola desde los lados. Mantener las personas alejadas del estanque. Si un tanque, carro de ferrocarril o auto-tanque está involucrado en un incendio, aisle a la redonda a 800 metros a la redonda; también, considere la evacuación inicial a la redonda a 800 metros. Si el incendio es grande, mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo. Hacer un dique de contención para el agua que controla el fuego para su desecho posterior. Para un incendio que involucra Tanques o Vagones o Remolques y sus Cargas: Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores. No introducir agua en los contenedores. Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido. Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de los venteos, o si el tanque se empieza a decolorar. Siempre manténgase alejado de tanques envueltos en fuego.
Equipo de protección especial para el combate del fuego	: Aparato de respiración autónomo de presión positiva Ropa de protección de PVC o goma. Calzado de Goma (Botas). Casco de seguridad con protección facial, anteojos de seguridad. Guantes de PVC o goma.
Productos peligrosos que se liberan de la combustión	: El fuego puede producir gases irritantes, corrosivos y/o tóxicos.

6. Medidas para Controlar Derrames o Fugas

Medidas de emergencia a tomar si hay derrame	: Aislé el área del derrame o fuga inmediatamente a por lo menos 25 a 50 metros (80 a 160 pies) a la redonda. Mantener alejado al personal no autorizado. Permanezca en dirección del viento. Manténgase alejado de las áreas bajas. Ventile las áreas encerradas. ELIMINAR todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en el área de peligro). No tocar los contenedores dañados o el material derramado, a menos que esté usando la ropa protectora adecuada. Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo. Prevenga la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.
Equipo de protección s Personales para atacar la emergencia	: Aparato de respiración autónomo de presión positiva. Ropa de protección, guantes y botas de PVC o goma. Casco de seguridad con protección facial, anteojos de seguridad.
Precauciones para evitar daño al Medio Ambiente	: Evitar que la sustancia fluya a ríos, fuentes de agua y alcantarillados.
Métodos de Limpieza	: Absorber con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y transferirlo a contenedores. No introducir agua en los contenedores.
Eliminación	: Almacenar en tambores y volver al proceso industrial.

7. Manipulación y Almacenamiento

Manipulación

Medidas de orden técnico	: Conservar en un recipiente herméticamente cerrado. Proteger de la luz. Proteger el recipiente de los daños físicos. Este producto puede reaccionar en forma explosiva con ácidos, aldehídos, y con muchos
---------------------------------	---



LICOR VERDE

otros productos químicos orgánicos. Los envases de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (polvo, sólidos); observar todas las advertencias y precauciones indicadas para el producto.

Prevención sobre exposición de los trabajadores	: Exposición del Usuario: No inhalar el vapor. No permitir el contacto con los ojos, la piel o la ropa. Evitar la exposición prolongada o repetida.
Prevención de fuego y explosión	: Lugar fresco, con buena ventilación y resistente a sustancias corrosivas. Si el producto se vacía con mucha rapidez (o sin revolver) y entra a concentrarse en el fondo del recipiente de mezclado, puede generarse un calor excesivo, provocando una peligrosa ebullición y salpicaduras, y una posible erupción instantánea y violenta de solución altamente cáustica.
Precaución sobre manipulación segura de la sustancia química	: Evitar filtraciones, utilice siempre todos los elementos protectores prescritos. Cada vez que se intervengan instalaciones que contengan soda cáustica ó licor, se deberá considerar: la instalación de paleta ciega; drenada y lavado de instalaciones; Ventilación adecuada; Supervisión permanente y ejecutar los trabajos de acuerdo al normativo de intervención de estanques. Cuando mezcle el producto con soluciones que contengan dichos productos químicos, siga todas las instrucciones de mezclado precedentes, y añada el producto de forma muy gradual, al tiempo que revuelve constantemente. Siempre vacíe y limpie los recipientes de todo residuo antes de verter allí el producto, para evitar una posible reacción explosiva entre el producto y el residuo desconocido.
Advertencias sobre manipulación segura específica (segregación)	: Cuando este producto se mezcla con agua, genera un calor considerable. Por ello, cuando prepare soluciones, siga cuidadosamente los siguientes pasos: Agregue siempre lentamente el producto a la superficie del agua tibia (27 a 38 °C), revolviendo constantemente para asegurar que el producto se va disolviendo completamente en la medida que se va añadiendo. Nunca añada más producto del que la solución pueda absorber. Igualmente, mantenga la temperatura bajo 93°C (al nivel del mar) para prevenir ebullición y salpicaduras.
<u>Almacenamiento</u>	
Medidas de orden técnico	: Debe tener el estanque venteo a la atmósfera.
Condiciones de almacenamiento apropiadas	: Mantener los envases cerrados y debidamente etiquetados. Almacenar separado del resto de las sustancias corrosivas y de otros productos incompatibles.
Condiciones de almacenamiento que se debe evitar (segregación)	: Proteger de la luz. Proteger el recipiente de los daños físicos. Aislar de ácidos, álcalis y sustancias incompatibles.
Material de embalaje recomendados por el proveedor	: No almacenar en recipientes de aluminio, estaño y zinc.

8. Control de Exposición y Protección Personal

Medidas de ingeniería para reducir exposición	
Valores límites	: No hay límites en D.S. N°594 para el licor verde. Sí identifica Límite Ponderado Absoluto LPA=2 mg/m3 para la Soda Cáustica.
Protección respiratoria	: Usar mascara para gases con filtro de carbón activado.
Protección de las manos	: Guantes compatibles resistentes a los productos químicos (nitrilo, goma, PVC).
Protección de la vista	: Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o careta completa contra polvo o salpicaduras.
Protección de la piel y del cuerpo	: Ropas de PVC y botas de goma. Tener una ducha y lavaojos en el



Medidas de higiene	área de trabajo con el producto. : Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Lavar la cara y manos al término del trabajo.
Ventilación	: Ventilación forzada en aquellos sitios donde pueda generarse polvo.

9. Propiedades Físicas y Químicas

Estado físico	: Líquido	Límite inferior de inflamabilidad	: No aplicable
Apariencia	: Líquido Verde	Presión de Vapor (20 °C)	: No disponible
Color	: Verde	Densidad de Vapor (aire=1)	: No disponible.
Olor	: Pestilente / putrefacción	Densidad (20 °C)	: 1.17 kg/m ³
pH	: ±12	Solubilidad (agua)	: Soluble
Punto de ebullición	: No disponible	Tamaño de partícula	: No disponible
Punto de fusión	: No disponible	Gravedad específica (agua =1)	: 1.17
Temperatura de descomposición	: No disponible	Viscosidad cinemática	: No disponible
Punto de congelación	: No disponible	Temperatura autoignición	: No aplicable
Punto de Inflamación	: No inflamable (>100°C)		
Límite superior de inflamabilidad	: No aplicable		

10. Estabilidad y Reactividad

Estabilidad	: Estable bajo temperaturas y presiones normales.
Condiciones a evitar	: Se debe evitar la manipulación sin protección. Evítese su contacto directo con el agua. Este producto puede añadirse lentamente al agua o a ácidos con dilución y agitación para evitar una violenta reacción exotérmica (liberación de calor), NUNCA al revés. Evite el contacto con metales y los químicos mencionados en el punto siguiente "Incompatibilidad".
Incompatibilidad (Materiales a evitar)	: No es compatible con agentes oxidantes (tales como percloratos, peróxidos, permanganatos, cloratos, nitratos, cloro, bromo y flúor), ácidos fuertes (tales como hidrociorídrico, sulfúrico y nítrico), materiales orgánicos (como madera), solventes clorados, nitrometano y líquidos inflamables. El hidróxido de sodio es corrosivo para los metales (como aluminio, estaño y zinc).
Productos de descomposición peligrosos	: Las sustancias no-combustibles no encienden por sí mismas, pero se pueden descomponer al calentarse y producir vapores corrosivos y/o tóxicos.
Polimerización peligrosa	: Puede ocurrir cuando está en contacto con acroleína o acrilonitrilo.



11. Información Toxicológica

Toxicidad aguda	: LD50 dérmica aguda (en conejo):1350 (mg/kg)
Toxicidad crónica	: No existen efectos crónicos conocidos.
Efectos locales o sistémicos	: La lejía es corrosiva y su agresividad aumenta con la temperatura por su contenido de hidróxido de sodio.
Sensibilizaciones alérgicas	: No disponible.
Efectos específicos (carcinogénesis, mutaciones y toxicidad para la reproducción)	: No disponible.

12. Información Ecológica

Efectos sobre el medio ambiente	
Inestabilidad	: Este producto es estable bajo condiciones normales.
Peristencia/ biodegradabilidad	: La lignina presente (materia orgánica) es biodegradable.
Bioacumulación	: No existe potencialidad de factores de bioacumulación o bioconcentración.
Impacto sobre el medio ambiente/ecotoxicidad	: La lejía es peligrosa para el medio ambiente, especialmente para organismos de medio acuático (peces y microorganismos). La lejía reacciona con los componentes químicos del suelo formando hidróxidos que dependiendo de su solubilidad, son fácilmente lavados con agua. Un derrame de lejía pudiera quemar temporalmente la zona de suelo afectado.

13. Consideraciones sobre Disposición Final

Métodos para disponer de sustancia/residuos/desechos	: Si es posible, almacenar en tambores y volver al proceso industrial. Los materiales resultantes de las operaciones de limpieza pueden constituir desechos peligrosos y todo material de limpieza y cualquier equipo contaminado deben, de acuerdo con las normativas específicas, ser envasados, almacenados, transportados y eliminados de acuerdo con las normativas de seguridad, salud y medio ambiente.
Métodos para disponer embases/embalajes	: Antes de desechar los envases, debe removerse de ellos todo residuo de soda cáustica. Estos deben ser enviados a eliminación autorizada.
Recomendaciones normativa nacional y/o internacional para disponer de embalajes y envases contaminados en forma segura	: Decreto Supremo N°148 de 16 de Junio de 2004.

14. Información de Transporte

Códigos y clasificaciones regulaciones y normas nacionales para el transporte seguro

Nombre de Embarque: Líquido alcalino, cáustico, N.E.P.
 N° UN: 1719
 Clase: 8
 Grupo de Embalaje: II y III
 Etiqueta de Peligro: Corrosivo



15. Información Reglamentaria

**Etiquetado especial
Información
reglamentaria nacional
e internacional
aplicable directamente
a la sustancia química**

: NCh 2190: Clase 8.

No se identifican normas nacionales e internacionales aplicables directamente al licor verde.

Otras normas nacionales aplicables: NCh382, NCh2190, DS 298.

16. Otras Informaciones

Información adicional

: Los datos consignados en esta hoja informativa provienen de fuentes confiables y corresponden al estado actual del producto. Las condiciones de uso seguro del producto son obligación del usuario

Fecha HDS: 02 de Enero de 2012

Fin del documento

ANEXO C

REGISTROS DE VARIABLES DE PROCESO

Figura N° C.1 pH en cámara de neutralización

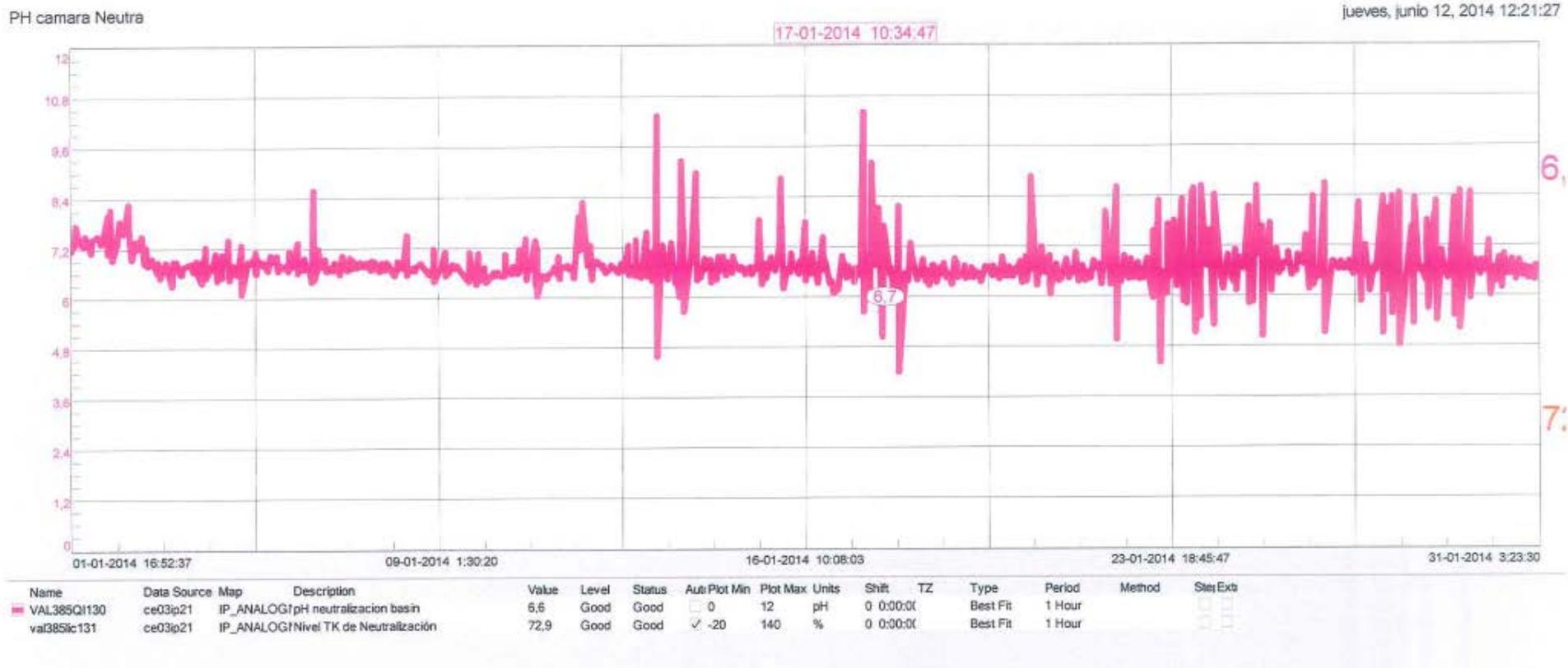


Figura N° C.2 pH en estanque de aireación N° 1 y temperatura en torre de enfriamiento N° 1

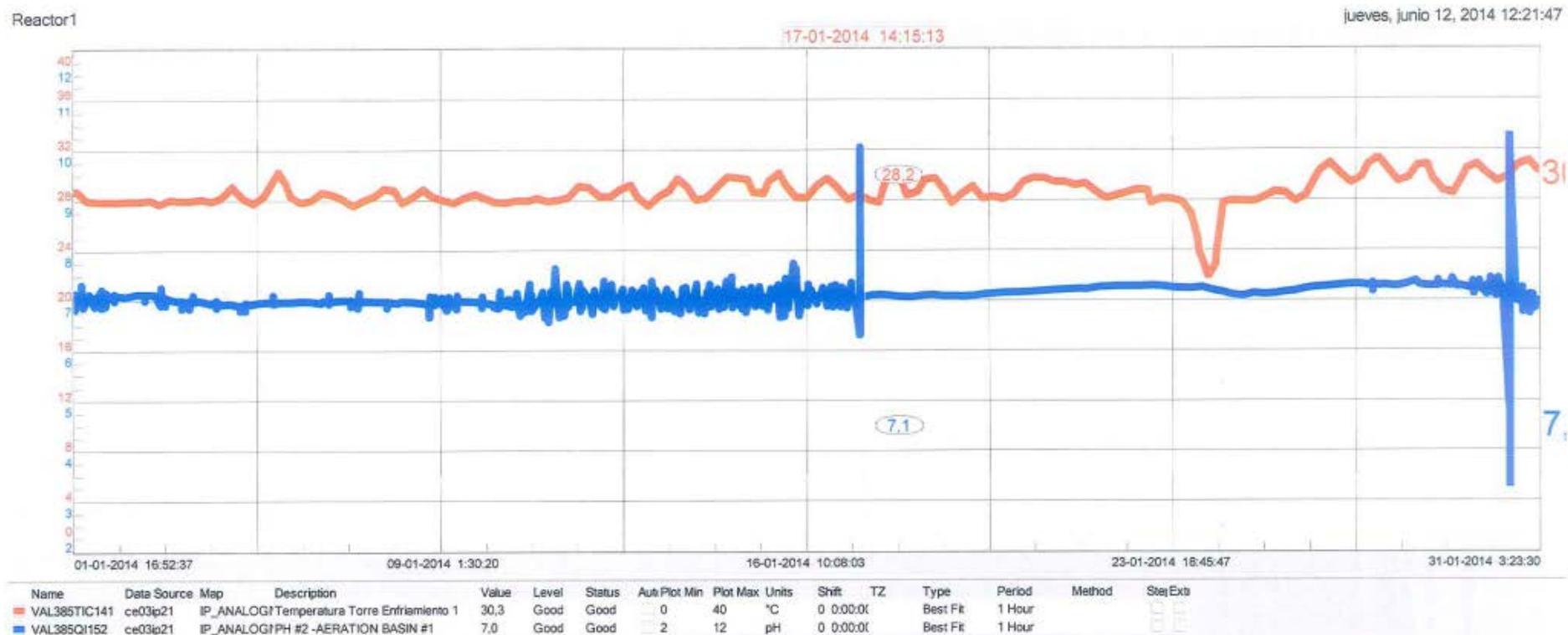
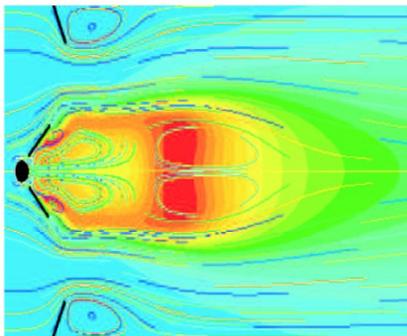
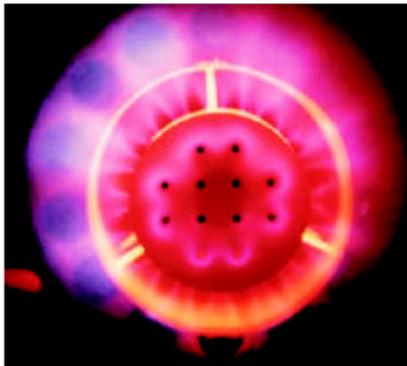
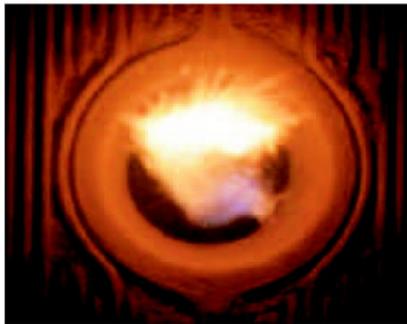
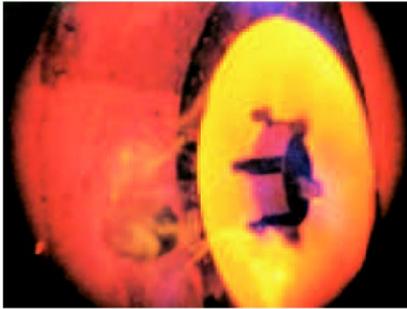


Figura N° C.3 pH en estanque de aireación N° 2 y temperatura en torre de enfriamiento N° 2



Figura N° C.4 pH en cámaras de floculación N° 1 y N° 2 y pH del efluente tratado





EVALUACIÓN SISTEMA QUEMADO TRS Y EMISIONES DE SO₂

CELULOSA ARAUCO, PLANTA VALDIVIA

Marzo 2016



THERMAL ENGINEERING

Especialistas en procesos térmicos y combustión

1. ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETIVOS	3
3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS	3
4. FUENTES DE GENERACIÓN DE TRS.....	4
4.1 RECOLECCIÓN DE GASES CONCENTRADOS NO CONDENSABLES(CNCG)	4
4.2 RECOLECCIÓN DE GASES DILUIDO NO CONDENSABLES(DNCG)	5
5. FUENTES DE EMISIÓN DE TRS.....	7
6. INSPECCIÓN DE TERRENO	10
6.1 CALDERA DE RECUPERADORA.....	10
6.2 CALDERA DE PODER.....	11
6.3 QUEMADOR O INCINERADOR DEDICADO.....	12
7. REVISIÓN BAT, REGISTRO MEDICIONES GASES 2015 Y RCA 279/98	15
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	23
9. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.	24

1. Antecedentes

Celulosa Arauco, Planta Valdivia, posee tres alternativas de quemado o incineración de los gases de Azufre Total Reducido (TRS) generados por su proceso productivo.

La primera alternativa, normalmente utilizada, considera la incineración de los TRS en la caldera recuperadora. La segunda alternativa, utilizada en el caso de alguna contingencia o detención inesperada de la Caldera Recuperadora, considera la utilización para este efecto de la caldera de Poder. Y la tercera alternativa, utilizada como respaldo a la segunda, considera la utilización de un incinerador dedicado para la incineración de TRS.

La EIA del año 1995 consideraba sólo la opción del incinerador de TRS, con un scrubber o lavador de gases para el abatimiento del SO₂ resultante de la incineración.

Este scrubber nunca fue instalado, ya que, durante la implementación de la planta se decidió implementar la primera y segunda alternativas descritas anteriormente, siendo la primera alternativa el sistema habitualmente utilizado para la incineración de TRS, quedando la Caldera de Poder y el Incinerador dedicado como sistemas de respaldo que se utilizan sólo ante contingencias puntuales que se presentan en la operación de la Caldera Recuperadora.

2. Objetivos

Los objetivos del análisis técnico realizado son los siguientes:

- a) Verificar que el sistema de incineración (destrucción) de TRS es el adecuado respecto a las directrices señaladas en las BAT de la UE para esta aplicación y se encuentra en buen estado.
- b) Evaluar los antecedentes operacionales actuales relativos a la destrucción de los TRS en el Incinerador dedicado, Caldera Recuperadora y Caldera de Poder, respecto de las emisiones de SO₂ resultantes de la utilización del scrubber contemplado en la EIA
- c) Preparar un Informe Técnico con los resultados obtenidos de la inspección y evaluación.

3. Alcance de los Trabajos

La primera actividad considerada en el desarrollo de la evaluación fue la recopilación (solicitud de envío) de los siguientes antecedentes por parte de Celulosa Arauco, Planta Valdivia, o quien los represente en este requerimiento:

- EIA (sección relativa a la destrucción de TRS y sistema de abatimiento del SO₂ generado)
- Emisiones actuales de SO₂, al quemar los TRS en el incinerador, caldera recuperadora y caldera de poder (incluir flujo de gases asociado a la combustión de los TRS).
- Límite de emisión de SO₂ que Arauco debe cumplir
- Antecedentes técnicos del Incinerador dedicado (data sheet, planos, manuales)

- Antecedentes técnicos quemadores calderas recuperadora y de poder (data sheet, planos y manuales)

La segunda actividad considerada fue la realización de una visita en la que se verificó en terreno los distintos sistemas de incineración de los gases TRS, su estado de conservación, etc.

Los antecedentes recopilados y lo observado en la visita técnica serán utilizados, para realizar la evaluación técnica.

Los resultados de la evaluación técnica compararán la condición actual con la considerada en la EIA del año 1995 y se darán respuestas a los objetivos de la presente estudio.

4. Fuentes de Generación de TRS

Las principales fuentes de generación de gases concentrados no condensables(CNCG) y gases débiles no condensables(DNCG) TRS que existen en Celulosa Arauco, planta Valdivia son las siguientes:

4.1 Recolección de Gases Concentrados No Condensables(CNCG)

Las fuentes de emisión de gases concentrados no condensables en Planta Valdivia provienen desde las áreas de Evaporadores y Digestores.

Fuentes de Emisión CNCG área Evaporadores:

- 351-23-140 Estanque Licor a Quemado
- 351-22-142 Estanque Condensado Sucio
- 351-223-137 Estanque de Metanol
- 351-22-112 Estanque Separador
- 351-51-127 Stripper
- 351-51- 106 Efecto 4
- 351-51- 107 Efecto 5
- 351-51- 108 Efecto 6

Fuentes de Emisión CNCG área Digestores:

- 341-22-265 Estanque Condensado Contaminado
- 341-22-270 Estanque Decantador de Trementina
- 341-22-275 Estanque Almacenamiento de Trementina
- 341-57-280 Scrubber

- 341-23- 251 Acumulador de Licor Blanco
- 341-23-250 Acumulador de Licor Negro 1
- 341-23-283 Acumulador de Licor Negro 2
- 341-51-101 Digestor 1
- 341-51-102 Digestor 2
- 341-51-103 Digestor 3
- 41-51-104 Digestor 4
- 341-51-105 Digestor 5
- 341-51-106 Digestor 6
- 341-51-107 Digestor 7
- 341-51-108 Digestor 8
- 341-51-109 Digestor 9
- 341-51-110 Digestor 10

4.2 Recolección de Gases Diluido No Condensables(DNCG)

Las fuentes de emisión y generación de gases diluidos en Planta Valdivia provienen desde las áreas de Digestores, Lavado, Evaporadores y Caustificación.

Fuentes de Emisión GNCD área Digestores:

- 341-22-253 Estanque Licor Negro K
- 341-22-254 Estanque Jabón
- 341-22-252 Estanque Desplazamiento Licor
- 341-22-276 Estanque de Descarga
- 341-57-260 Ciclón Línea 1
- 341-57-261 Ciclón Línea 2

Fuentes de Emisión DNCG área Lavado:

- 346-51-151 Prensa 1
- 346-51-251 Prensa 2
- 346-51-351 Prensa 3
- 346-51-451 Prensa 4
- 346-51-551 Prensa 5
- 346-22-160 Estanque de Filtrado 1
- 346-22-260 Estanque de Filtrado 2
- 346-22-360 Estanque de Filtrado 3

- 346-22-460 Estanque de Filtrado 4
- 346-22-560 Estanque de Filtrado 5
- 346-22-143 Estanque Rechazo
- 346-22-106 Estanque Dump
- 346-57-173 Ciclón Separador de Espuma
- 346-22-502 Torre Pulpa Café
- 346-22-510 Estanque Licor Buffer
- 346-22-110 Estanque Alimentación Harneros
- 346-57-145 Separador de Gruesos
- 346-57-147 Separador de arena
- 346-54-137 Tail Screen 1
- 346-54-140 Tail Screen 2

Fuentes de Emisión DNCG área Evaporadores:

- 351-22-146 Estanque Licor Intermedio
- 351-22-147 Estanque Licor Débil 1
- 351-22-148 Estanque Licor Débil 2
- 351-22-149 Estanque Almacenamiento Jabón
- 351-22-188 Estanque Separador de Jabón
- 351-22-145 Estanque Spill
- 351-22-143 Estanque Condensado A
- 351-22-144 Estanque Condensado B
- 351-22-141 Estanque Licor Concentrado

Fuentes de Emisión DNCG área Caustificación:

- 353-22-120 Estanque Impurezas
- 353-22-118 Estanque Condensado Secundario
- 353-22-101 Estanque Licor Verde Crudo
- 353-22-131 Estanque Licor Verde Clarificado
- 353-51-123 Filtro de Impurezas
- 353-22-201 Estanque Licor Blanco 1
- 353-22-202 Estanque Licor Blanco 2
- 353-22-214 Estanque Licor Débil
- 353-57-142 Scrubber Apagador de Cal
- 353-22-205 Estanque Clarificador de Derrame
- 353-51-143 Caustizador 1

- 353-51-145 Caustizador 2
- 353-51-147 Caustizador 3
- 353-51-138 Apagador de Cal
- 353-22-176 Estanque Almacenamiento de Lodos
- 353-57-229 Scrubber Filtro de Lodos
- 353-51-186 Filtro de Lodos

5. Fuentes de Emisión de TRS

Las fuentes de emisión de TRS presente en Celulosa Arauco, planta Valdivia son las siguientes:

- **Caldera Recuperadora y Caldera de Poder**



Fotografía 5.1 Vista General Caldera Recuperadora y Caldera de Poder

La evacuación de los gases de combustión y compuestos TRS a la atmosfera se realiza a través de una chimenea común para ambas calderas.



Fotografía 5.2 Chimenea común de la caldera recuperadora y de poder

- **Incinerador o quemador dedicado**



Fotografía 5.3 Vista general quemador dedicado

- Horno de Cal



Fotografía 5.4 Vista General Horno de Cal y su Chimenea



Fotografía 5.5 Chimenea Horno de Cal

- **Estanque de Disolución o Disolvedor**(no se considera una fuente, ya que, a partir de la detención programada de Abril de 2006, los gases TRS emitidos por esta fuente son incinerados en la caldera recuperadora, sólo en casos excepcionales, emergencia o contingencia, se ventean a la atmosfera)



Fotografía 5.6 Chimenea Estanque Disolvedor

6. Inspección de Terreno

Para verificar los distintos sistemas de incineración de TRS existentes en la planta de Celulosa Valdivia, se realizó una visita a planta los días 3 y 4 de Febrero de 2016, constatando la existencia de los siguientes sistemas:

6.1 Caldera de Recuperadora

La caldera recuperadora es el sistema habitual y permanente utilizado para incinerar los Gases No Condensables(NCG) TRS. El circuito de inyección de los NCG a la caldera recuperadora se muestra en las siguientes fotografías:



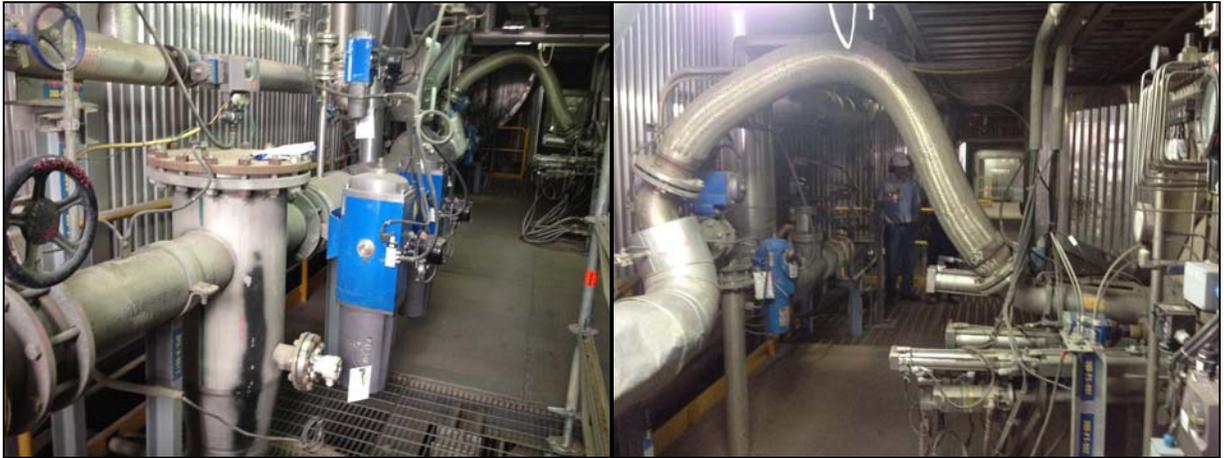
Fotografía 7.1 Tren de NCG TRS de la Caldera Recuperadora



Fotografía 7.2 Inyección de NCG a la caldera recuperadora

6.2 Caldera de Poder

La caldera de poder se utiliza para incinerar los compuestos TRS en los casos que el sistema de incineración de la caldera recuperadora, utilizado permanentemente para la incineración de los NCG TRS, presente algún problema o inconveniente operacional, es decir, la caldera de poder actúa como un respaldo primario ante la falla de la caldera recuperadora. La inyección de los gases a la caldera de poder se muestra en las siguientes fotografías:



Fotografía 7.3 Tren de NCG TRS Caldera de Poder



Fotografía 7.4 Inyección de NCG a la caldera de poder

6.3 Quemador o Incinerador dedicado

En caso que exista algún problema operacional tanto en la caldera recuperadora como en la caldera de poder, existe en la planta un quemador o incinerador dedicado de que actúa como un respaldo secundario ante la falla de la caldera recuperadora y de poder. La inyección de los NCG al quemador o incinerador dedicado se muestra en las siguientes fotografías:



Fotografía 7.5 Tren NCG quemador o incinerador dedicado



Fotografía 7.6 Tren de GLP quemador o incinerador dedicado

Los tres sistemas de incineración de NCG TRS inspeccionados cumplen los requerimientos técnicos de seguridad y control que permiten cumplir las variables relevantes para una eficiente eliminación de los TRS, estas son:

- Tiempo mínimo de residencia de los gases(≥ 0.5 seg).
- Temperatura de incineración mayor a 650°C



Fotografía 7.7 Ventilador aire combustión quemador dedicado

Adicionalmente, ante una falla del suministro de energía eléctrica de la red o ausencia de aire comprimido de instrumentación general de la planta, el quemador o incinerador dedicado posee un generador eléctrico a petróleo y un compresor de aire de respaldo, equipos exclusivos y dedicados para mantener energizados y con aire el quemador dedicado ante este tipo de fallas.



Fotografía 7.8 Generador eléctrico de respaldo



Fotografía 7.9 Compresor de aire de respaldo

7. Revisión BAT, Registro Mediciones Gases 2015 y RCA 279/98

A partir de la revisión de las conclusiones de las directrices de las Mejores Técnicas Disponibles (BAT), se utilizan como referencia los niveles de emisión de las siguientes BAT:

- **BAT 21**
- **BAT 24**
- **BAT 25**
- **BAT 28**

Para cada una de las BAT señaladas anteriormente, se resumen los siguientes puntos de las BAT:

Reducción de las emisiones de una caldera de recuperadora(8.2.2.2)

Emisiones de SO₂ y TRS

BAT 21. Con el fin de reducir las emisiones de SO₂ y TRS de una caldera de recuperadora, las BAT consiste en utilizar una combinación de las técnicas dadas a continuación:

	Technique	Description
a	Increasing the dry solids (DS) content of black liquor	The black liquor can be concentrated by an evaporation process before burning
b	Optimised firing	Firing conditions can be improved e.g. by good mixing of air and fuel, control of furnace load etc.
c	Wet scrubber	Section 8.7.1.3

Niveles de emisión asociados a las BAT

Ver Tabla 8.3

Tabla 8.3: BAT- asociada niveles de emisión de SO₂ y TRS desde una caldera recuperadora

Parameter		Daily average ⁽¹⁾ ⁽²⁾ mg/Nm ³ at 6 % O ₂	Yearly average ⁽¹⁾ mg/Nm ³ at 6 % O ₂	Yearly average ⁽¹⁾ kg S/ADt
SO ₂	DS <75 %	10 – 70	5 – 50	–
	DS 75 – 83 % ⁽³⁾	10 – 50	5 – 25	–
Total reduced sulphur (TRS)		1 – 10 ⁽⁴⁾	1 – 5	–
Gaseous S (TRS-S + SO ₂ -S)	DS <75 %	–	–	0.03 – 0.17
	DS 75 – 83 % ⁽³⁾			0.03 – 0.13
⁽¹⁾ Increasing the DS content of the black liquor results in lower SO ₂ emissions and higher NO _x emissions. Due to this, a recovery boiler with low emission levels for SO ₂ , may be on the higher end of the range for NO _x and vice versa. ⁽²⁾ BAT-AELs do not cover periods during which the recovery boiler is run on a DS content much lower than the normal DS content due to shutdown or maintenance of the black liquor concentration plant. ⁽³⁾ If a recovery boiler were to burn black liquor with a DS > 83%, then SO ₂ and gaseous S emission levels should be reconsidered on a case-by-case basis. ⁽⁴⁾ The range is applicable without the incineration of odorous strong gases. DS = dry solid content of the black liquor.				

Reducción de emisiones desde un Horno de Cal(8.2.2.3)

Emisiones de SO₂

BAT 24. Con el fin de reducir las emisiones de SO₂ de un Horno de Cal, las BAT consisten en aplicar una o una combinación de las técnicas dadas a continuación:

	Technique	Description
a	Fuel selection/low-sulphur fuel	See Section 8.7.1.3
b	Limit incineration of sulphur-containing odorous strong gases in the lime kiln	
c	Control of Na ₂ S content in lime mud feed	
d	Alkaline scrubber	

Niveles de emisión asociados a las BAT

Ver Tabla 8.6

Tabla 8.6: BAT-asociada a los niveles de emisión para SO₂ y azufre de un Horno de Cal

Parameter ⁽¹⁾	Yearly average mg SO ₂ /Nm ³ at 6 % O ₂	Yearly average kg S/ADt
SO ₂ when strong gases are not burnt in the lime kiln	5 – 70	–
SO ₂ when strong gases are burnt in the lime kiln	55 – 120	–
Gaseous S (TRS-S + SO ₂ -S) when strong gases are not burnt in the lime kiln	–	0.005 – 0.07
Gaseous S (TRS-S + SO ₂ -S) when strong gases are burnt in the lime kiln	–	0.055 – 0.12
⁽¹⁾ 'strong gases' includes methanol and turpentine		

Emisiones de TRS

BAT 25. Con el fin de reducir las emisiones de TRS desde un Horno de Cal, BAT considera aplicar una o una combinación de la siguientes técnicas:

	Technique	Description
a	Control of the excess oxygen	See Section 8.7.1.3
b	Control of Na ₂ S content in lime mud feed	
c	Combination of ESP and alkaline scrubber	See Section 8.7.1.1

Niveles de emisión asociados a las BAT

Ver Tabla 8.7

Tabla 8.7: BAT-asociada a los niveles de emisiones para TRS y azufre desde Horno de Cal

Parameter	Yearly average mg S/Nm ³ at 6 % O ₂
Total reduced sulphur (TRS)	<1 – 10 ⁽¹⁾
⁽¹⁾ For lime kilns burning strong gases (including methanol and turpentine), the upper end of the AEL range may be up to 40 mg/Nm ³ .	

Reducción de las emisiones de un quemador para gases Fuertes y Débiles(Quemador Dedicado) (8.2.2.4)

BAT 28. Con el fin de reducir la emisión de SO₂ desde un quemador de TRS dedicado de incineración de gases olorosos fuertes, BAT considera utilizar un scrubber alcalino de SO₂

Niveles de emisión asociados a las BAT

Ver Tabla 8.10

Tabla 8.10: BAT-asociada a los niveles de emisión para SO₂ y TRS desde la incineración de gases Fuertes en un quemador dedicado de TRS

Parameter	Yearly average mg/Nm ³ at 9 % O ₂	Yearly average kg S/ADt
SO ₂	20 – 120	-
TRS	1 – 5	
Gaseous S (TRS-S + SO ₂ -S)	-	0.002 – 0.05 ⁽¹⁾
⁽¹⁾ This BAT-AEL is based on a gas flow in the range of 100 – 200 Nm ³ /ADt.		

A partir del informe de mediciones de material particulado y gases del año 2015, desarrollado por la empresa Proterm S.A., y entregado como antecedente por Celulosa Arauco, planta Valdivia, se obtienen y resumen los valores discretos de emisión de SO₂ y TRS registrados durante el año 2015:

Trimestre 1-2015



11. EMISIONES ATMOSFÉRICAS

11.2. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

TABLAS DE DATOS

Concentración media de SO₂ (mg/m³ N)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
06-03	--	63,9	--
05-03	--	--	11,4

Emisión diaria de SO₂ (kg/d)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
06-03	--	1169,0	--
05-03	--	--	19,1
Total		1188,1	

11.4. AZUFRE TOTAL REDUCIDO (TRS)

TABLAS DE DATOS

Concentración media de TRS, expresado como H₂S (ppmv al 8%)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
06-03	--	0,44	--
05-03	--	--	2,1

Emisión diaria de TRS, expresado como H₂S (kg/d)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
06-03	--	11,20	--
05-03	--	--	6,21
Total		17,41	

- Notas:
- (1) Condiciones Estándar: 25°C, 760 mm Hg.
 - (2) Abreviaturas: E.D. = Estanque Disolvedor
C.R.+C.P. = Chimenea común de Caldera de Poder y Caldera Recuperadora
H.C. = Horno de Cal



11. EMISIONES ATMOSFÉRICAS

11.2. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

TABLAS DE DATOS

Concentración media de SO₂ (mg/m³ N)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
10-06	--	24,2	--
09-06	--	--	24,0

Emisión diaria de SO₂ (kg/d)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
10-06	--	472,0	--
09-06	--	--	35,6
Total		507,6	

11.4. AZUFRE TOTAL REDUCIDO (TRS)

TABLAS DE DATOS

Concentración media de TRS, expresado como H₂S (ppmv al 8%)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
10-06	--	0,40	--
09-06	--	--	2,0

Emisión diaria de TRS, expresado como H₂S (kg/d)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
10-06	--	10,80	--
09-06	--	--	4,70
Total		15,50	

- Notas:
- (1) Condiciones Estándar: 25°C, 760 mm Hg.
 - (2) Abreviaturas:
 - E.D. = Estanque Disolvedor
 - C.R.+C.P. = Chimenea común de Caldera de Poder y Caldera Recuperadora
 - H.C. = Horno de Cal

Trimestre 3-2015



11. EMISIONES ATMOSFÉRICAS

11.4. RESULTADOS

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

TABLAS DE DATOS

Concentración media de SO₂ (mg/m³ N)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
26-08	--	65,8	--
29-09	--	--	8,7

Emisión diaria de SO₂ (kg/d)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
26-08	--	1195,0	--
29-09	--	--	14,4
Total		1209,4	

11.4. RESULTADOS Cont.

AZUFRE TOTAL REDUCIDO (TRS)

TABLAS DE DATOS

Concentración media de TRS, expresado como H₂S (ppmv al 8%)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
26-08	--	0,05	--
29-09	--	--	2,5

Emisión diaria de TRS, expresado como H₂S (kg/d)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
26-08	--	1,39	--
29-09	--	--	7,09
Total		8,48	

Notas: (1) Condiciones Estándar: 25°C, 760 mm Hg.

(2) Abreviaturas: E.D. = Estanque Disolvedor

C.R.+C.P. = Chimenea común de Caldera de Poder y Caldera Recuperadora

H.C. = Horno de Cal

Trimestre 4-2015



11. EMISIONES ATMOSFÉRICAS

11.4. RESULTADOS

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

TABLAS DE DATOS

Concentración media de SO₂ (mg/m³ N)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
14-10	--	21,2	--
15-10	--	--	4,6

Emisión diaria de SO₂ (kg/d)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
14-10	--	389,0	--
15-10	--	--	6,2
Total		395,2	

11.4. RESULTADOS Cont.

AZUFRE TOTAL REDUCIDO (TRS)

TABLAS DE DATOS

Concentración media de TRS, expresado como H₂S (ppmv al 8%)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
14-10	--	0,10	--
15-10	--	--	1,5

Emisión diaria de TRS, expresado como H₂S (kg/d)

Fecha	E.D. de C.R.	C.R. + C.P.	H.C.
14-10	--	2,34	--
15-10	--	--	3,38
Total		5,72	

- Notas: (1) Condiciones Estándar: 25°C, 760 mm Hg.
(2) Abreviaturas: E.D. = Estanque Disolvedor
C.R.+C.P. = Chimenea común de Caldera de Poder y Caldera Recuperadora
H.C. = Homo de Cal

En base a la Resolución de Calificación Ambiental(RCA) N°279/98, se establecen los siguientes valores de emisiones comprometidos por Celulosa Arauco, planta Valdivia para la emisión de SO₂ y TRS:

TABLA 2.14
EMISIONES ATMOSFERICAS DE FUENTES FIJAS

FUENTE	CAUDAL		TEMPERATURA		ALTURA m	DIAM. m	VELOC. m/s	CONCENTRACION (mg/m ³ ndg)				TASA EMISION (TPD)			
	m ³ ndg/h	m ³ N/h	°C	K				Partic.	SO ₂	TRS	NO _x	Partic.	SO ₂	TRS	NO _x
Caldera Recuper.	450000	600000	170	443	80	5.4	10.8	100	100	10	250	1.08	1.08	0.11	2.70
Estanque Disoluc.	350000	550000	65	338	75	1.5	9.8	300		60		0.25	0.00	0.05	0.00
Horno de Cal	650000	850000	220	493	40	2	12.4	200	100	50	450	0.31	0.16	0.08	0.70
Caldera de Poder	100000	140000	160	433	80	2.5	11.5	250			350	0.60	0.00	0.00	0.84
Incinerador de NCG	250000	280000	220	493	80	1.1	13.5		3000	20	750	0.00	1.60	0.01	0.45
TOTAL												2.24	3.04	0.25	4.69

En base a la tabla anterior, se establece que la emisión total comprometida de TRS y SO₂ corresponden a 250 kg/día y 3040 kg/día respectivamente.

8. Conclusiones y Recomendaciones

A partir de la inspección de terreno, revisión de las Directrices de Emisiones Industriales de la Unión Europea(2010/75/EU), descritas en su documento Mejores Técnicas Disponibles(BAT), y antecedentes proporcionados por Celulosa Arauco, Planta Valdivia, se pueden señalar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Actualmente Celulosa Arauco, Planta Valdivia, posee un sistema de recolección de gases TRS Concentrados y Diluidos No Condensables que permite su transporte e incineración de forma segura y que no sobrepasa los límites de concentración y emisión de TRS en la Caldera Recuperadora, Caldera de Poder u Incinerador o Quemador dedicado.
- La no instalación del Scrubber o Lavador de gases(SO₂) contemplando originalmente en la RCA 279/98, a la salida del Incinerador dedicado para TRS, no afecta la emisión comprometida de TRS(250 kg/día) y SO₂(3040 kg/día) en la RCA señalada anteriormente, es decir, los valores límites de emisión no son sobrepasados.
- De acuerdo la directrices de Emisiones Industriales de la Unión Europea, 2010/75/EU, a través de las BAT, los sistemas de incineración de TRS que utiliza Celulosa Arauco Planta Valdivia, Caldera Recuperadora, Caldera de Poder e Incinerador dedicado, cumplen satisfactoriamente las directrices y recomendaciones de esta referencia.
- La revisión de los informes de mediciones discretas de TRS y SO₂ realizadas por Celulosa Arauco, Planta Valdivia, a través de la empresa Proterm S.A., durante los cuatro (4) trimestres del año 2015, permite verificar que los valores de concentración y emisión total de TRS y SO₂ durante el año 2015, no superaron los límites de concentración señalados en la normativa vigente(DS 37/2013) y la emisión total límite especificada en la RCA 279/98.
- A partir de la revisión de la directrices y conclusiones de las BAT(8.1.6), se requiere un monitoreo continuo de los siguientes parámetros claves: presión, temperatura, oxígeno, CO y vapor de agua contenido en los productos de combustión, parámetros que actualmente se monitorean salvo el contenido de humedad o vapor de agua, sin embargo, debido a que este último parámetro no representa un gas contaminante para la atmosfera, no se considera un relevante realizar una medición continua de este parámetro.

9. Bibliografía y Referencias.

- a) DS 37, Norma de Emisión de Compuestos TRS, Generadores de Olor, Asociados a la Fabricación de Pulpa Kraft o al Sulfato.
- b) Resolución de Calificación Ambiental N° 279/98.
- c) Best Available Techniques(BAT), Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU.
- d) EIA Proyecto Valdivia, Julio 1997.

INFORME TÉCNICO
CÁLCULO REBASE DE LICOR VERDE A CLARIFICADOR PRIMARIO
DE PLANTA DE TRATAMIENTOS DE EFLUENTES
Celulosa Arauco y Constitución, Planta Valdivia
Evento: Trip caldera recuperadora 17/01/2014.
Consultor: Dr. Ing. Oscar Farías Fuentes

1. Introducción

El presente informe tiene por objetivo realizar el cálculo del volumen de efluentes generado en el área de Caldera Recuperadora de Planta Valdivia de Celulosa Arauco y Constitución ante una desconexión eléctrica, generada en fecha 17-01-2014, lo cual produjo la detención temporal de la bomba de alimentación de licor verde desde el estanque (Tk.) Disolvedor hacia el área de Caustificación.

El análisis considera las características técnicas de los equipos involucrados en el proceso (Estanques, bombas, controladores, y sistemas de medición de niveles, flujos y densidades), junto con la evolución de los parámetros de operación obtenida desde el software ASPEN (IP.21). Luego, a través de un balance de materia, se realiza el cálculo mediante el software Engineering Equation Solver (ver anexo 2) de los flujos involucrados, para finalmente integrar de acuerdo a la respuesta dinámica observada en los gráficos del proceso.

La metodología para realizar este análisis se basó en:

- Datos proporcionados por el solicitante.
- Acceso a la base de datos del software IP.21
- Visita a la Planta Valdivia.
- Revisión de planos operacionales y constructivos.

2. Definición del problema

2.1 *Análisis conceptual*

La figura 1 presenta un diagrama en el cual se basa el análisis conceptual desarrollado para el caso del estudio, conforme a los antecedentes técnicos proporcionados por el solicitante y a los obtenidos en visita técnica a la planta, entre el TK. Disolvedor y el área de Caustificación se ubica la bomba B1, la cual posee medición de caudal (F) y densidad (ρ) y que dejó de funcionar en el momento del Trip de la caldera recuperadora.

Definición.

Caudal: Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo, cuya unidad se expresa como $[m^3/min]$.

Densidad: Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, cuya unidad es $[kg/M^3]$

El análisis considera un balance de flujos de materia en el TK. Disolvedor, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \quad (1)$$

Donde el subíndice 1 corresponde al flujo másicos que sale del estanque y pasa a través de la bomba B1; el subíndice 2 al flujo que ingresa al estanque impulsado por la bomba B2 ubicada en el área de Caustificación y controlado en función de la densidad de la línea 1; mientras el subíndice 3 corresponde al flujo de licor verde que proviene de la Caldera Recuperadora al TK. Disolvedor.

Dado que se conocen las densidades del licor verde en las líneas 1 y 2, los flujos correspondientes se calculan a partir del principio de continuidad:

$$\begin{aligned} \dot{m}_1 &= \rho_1 \cdot Q_1 \\ \dot{m}_2 &= \rho_2 \cdot Q_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Donde.

Q1: Flujo de licor verde enviado desde Tk. Disolvedor a Caustificación.

Q2: Flujo de licor débil enviado desde Caustificación.

ρ_1 : Densidad del licor verde enviado desde Tk. Disolvedor a Caustificación.

ρ_2 : Densidad del licor verde enviado a Caustificación.

(Los flujos y densidades se obtuvieron desde el software IP.21)

El cálculo del flujo m_3 (ecuación 3) se basa en factores empíricos obtenidos de la literatura especializada¹. Este flujo (m_3) es licor verde concentrado, también llamado "Fundido" y es un subproducto de la combustión del "licor negro" (m_{LN}), que es quemado en el hogar de la Caldera Recuperadora.

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_{LN} \cdot F_{fs} \cdot F_{fund} \quad (3)$$

$$\dot{m}_{LN} = 24 \text{ [l/s]} \cdot \rho_{LN} \cdot 60 \text{ [s/min]} \quad (4)$$

Donde la ecuación (4) representa el flujo de licor negro consumido en la caldera al momento del evento (24 [l/s]) y los valores considerados para los coeficientes de las ecuaciones (3) y (4) son:

$$\rho_{LN} = 1,374 \text{ [kg/l]} \quad \text{Densidad del licor negro}$$

$$F_{fs} = 0,482 \text{ [kg_t/kg_{LNs}]} \quad \text{Factor que relaciona kg de material fundido por kg de licor negro en base seca}$$

$$F_{fund} = 0,72 \text{ [kg_{LNf}/kg_{LN}]} \quad \text{Factor que relaciona kg de licor negro fundido por kg de licor negro en base seca}$$

¹ Gullichsen J. and Fogelholm C., "Chemical Pulping: Papermaking Science and Technology, Book 6B", Helsinki University of Thechnology, ISBN 952-5216-00-4, Finland, 2000.

ESQUEMA DEL TK. DISOLVEDOR Y SUS EQUIPOS ASOCIADOS.

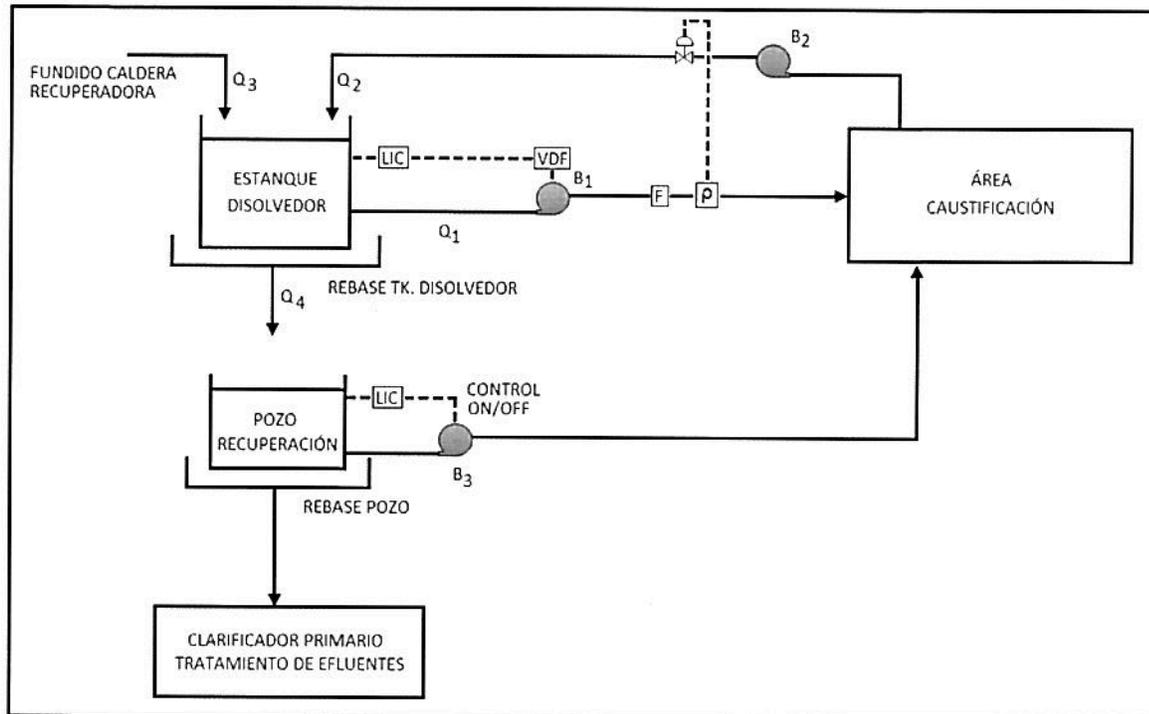


Figura 1: Esquema para análisis conceptual del caso de estudio.

Análisis de Información obtenida de proceso

En la figura 2 se observa el incremento en el nivel en el Tk. Disolvedor al producirse el evento y cómo éste se recupera cuando la bomba B1 se vuelve a poner en funcionamiento. A partir de la evolución de parámetros registrados en software IP.21 antes de ocurrido el Trip, se obtuvo la información promedio de las siguientes variables:

- Flujo de licor débil desde bomba 353M208 de Caustificación a Tk Disolvedor (Q_1): 57,24 [l/s] (ver anexo 1.1)
- Densidad del flujo 1 (ρ_1): 1200 [kg/m³]
- Densidad del flujo 2 (ρ_2): 1000 [kg/m³]
- Tiempo de rebase desde TK Disolvedor: 22 [min]

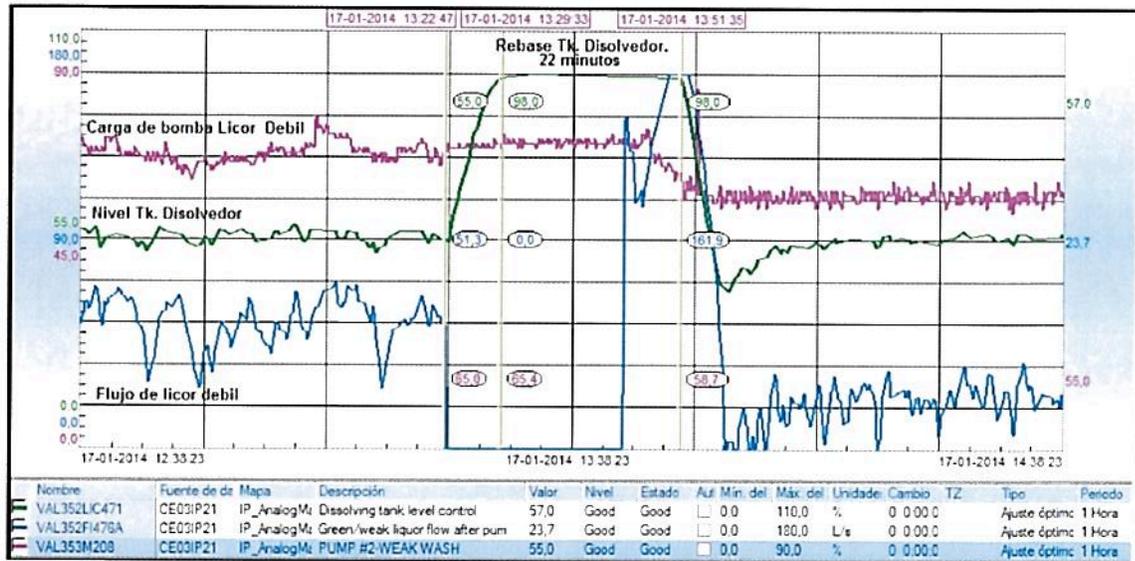


Figura 2: Evolución de las variables consideradas en el análisis

3. Memoria de Cálculo

3.1 Balance de materia

Aplicando las ecuaciones del ítem 2.1, se obtienen los siguientes flujos:

$$Q_1 = 3,434 \text{ [m}^3\text{/min]}$$

$$Q_2 = 3,435 \text{ [m}^3\text{/min]}$$

$$\dot{m}_1 = 4121 \text{ [kg/min]}$$

$$\dot{m}_2 = 3435 \text{ [kg/min]}$$

$$\dot{m}_3 = 686,6 \text{ [kg/min]}$$

3.2 Cálculo de rebase de licor verde desde Tk. Disolvedor:

$$V_{RD} = Q_2 \cdot \Delta t_R = 3,435 \text{ [m}^3\text{]} \times 22 \text{ [min]} = 75,6 \text{ [m}^3\text{]}$$

Este valor de 75,6 [m³] corresponde al volumen total de licor verde rebasado desde Tk. Disolvedor.

3.3 Licor verde acumulado en pozo de recuperación del área de caldera recuperadora.

Se adjunta memoria de cálculo del licor verde acumulado en el pozo de recuperación del área de caldera Recuperadora, antes de rebasar hacia el Clarificador Primario del tratamiento de Efluentes.

Datos:

- Nivel antes de rebasar : 65 %
- Nivel de rebase: 100 %
- Delta nivel (P_{dp}): 35 %
- Volumen Pozo de recuperación (V_p): 3,150 [m] x 1,9 [m] x 1,8 [m] = 10,77 [m³]

Cálculo.

$$V_{rP} = V_p \cdot P_{dp} = 35\%/100 \times 10,77 [m^3] = 3,77 [m^3]$$

Donde,

V_{rP}: Volumen de retención del pozo de recuperación de Caldera Recuperadora.

V_p: Volumen del pozo de recuperación de Caldera Recuperadora.

P_{dp}: Delta volumen pozo de recuperación Caldera Recuperadora, disponible en el momento del evento

En el siguiente gráfico se observa el Nivel del pozo de recuperación (línea color roja)

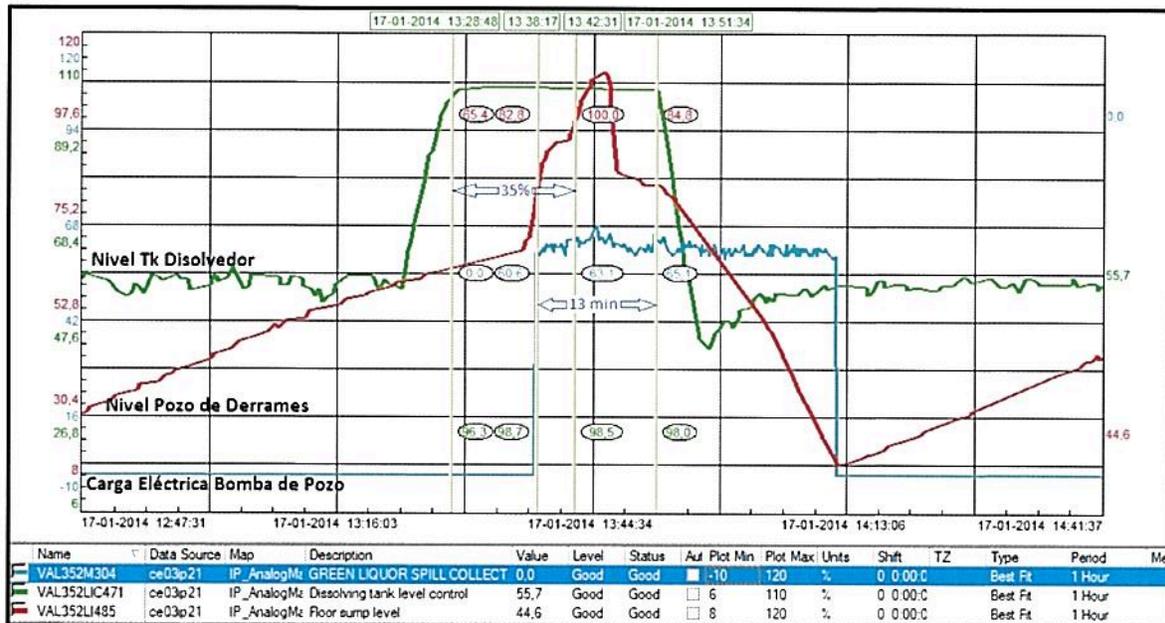


Figura 3: Nivel del pozo de recuperación.

3.4 Licor verde desde Tk Disolvedor al área de Caustificación.

Se adjunta memoria de cálculo del licor verde que fue enviado al área de Caustificación, mientras el Tk. Disolvedor rebasaba.

Datos:

- Tiempo en servicio bomba de licor verde a Caustificación (Δt_{B1}): 7 [min] (ver figura 4)
- Flujo de licor verde enviado a Caustificación (Q_{1df}): 131,1 [l/s] (ver anexo 1.2)
- Flujo licor verde: $131,1 [l/s] \times 60 / 1000 = 7,86 [m^3/min]$

Cálculo del Volumen de licor verde a Caustificación:

$$V_{B1} = Q_{1df} \cdot \Delta t_{B1} = 7,866 [m^3/min] \times 7 [min] = 55,1 [m^3]$$

Dónde:

V_{B1} : Volumen de licor enviado por la bomba B1 a Caustificación.

Q_{1df} : Flujo de licor verde enviando por la bomba B1 a Caustificación [m^3/min]

Δt_{B1} : Tiempo en que estuvo en servicio la bomba B1 [min]

En el gráfico de la figura 4 se observa el momento en que se comienza a recuperar licor verde desde el Tk. Disolvedor con la bomba B1, produciéndose un incremento del flujo de licor verde (línea café) que es enviado al área de Caustificación (ver anexo 1) mientras el Tk. Disolvedor rebasa. La puesta en servicio de la bomba B1 (línea azul) permite determinar que dentro de los siete minutos siguientes a su puesta en marcha el estanque deje de rebasar.

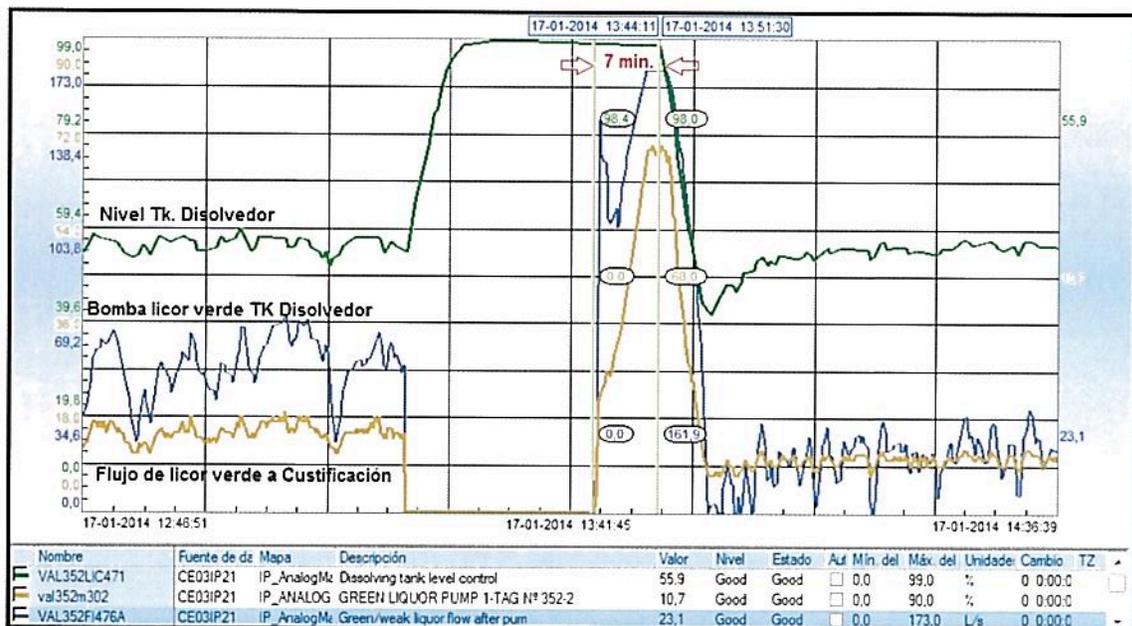


Figura 4: Análisis flujo en periodo de rebalse en Disolvedor.

3.5 Licor verde recuperado por bomba del pozo de recuperación al área de Caustificación

Se adjunta memoria de cálculo del licor verde que fue enviado al área de Caustificación, por la bomba de recuperación de recuperación del área de caldera.

Datos.

- Flujo de bomba de recuperación de recuperación (Q_{B3r}): 1,2 [m³/min] (ver anexo 1.3)
- Tiempo de bomba en servicio (Δt_{B3r}): 13 [min] (ver Figura 3)

Cálculo.

$$V_{B3r} = Q_{B3r} \cdot \Delta t_{B3r} = 1,2 \text{ [m}^3\text{/min]} \times 13 \text{ [min]} = 15,6 \text{ [m}^3\text{]}$$

Dónde:

V_{B3r} : Volumen de licor verde recuperado por bomba del pozo a Caustificación.

Q_{B3r} : Flujo de bomba B3 de recuperación del pozo [m³/min]

Δt_{B3r} : Tiempo que estuvo en servicio bomba del pozo [min]

3.6 Licor verde rebasado desde el pozo de recuperación a Clarificador Primario de efluentes

El rebalse hacia el Clarificador Primario de la planta de tratamiento de efluente calcula de acuerdo a la siguiente ecuación, obteniéndose como resultado 1,1 [m³] de efluentes.

$$V_{\text{Efluente}} = V_{RD} - V_{rP} - V_{B1} - V_{B3r}$$

Dónde:

$V_{\text{Efluentes}}$: Es el volumen de licor verde al Clarificador Primario de Efluentes.

V_{RD} : Volumen de licor verde rebasado en TK. Disolvedor.

V_{rP} : Volumen de licor verde retenido en el pozo de recuperación de Caldera Recuperadora.

V_{B1} : Volumen enviado al área de Caustificación por la bomba del Tk. Disolvedor.

V_{B3r} : Volumen de licor verde enviado al área de Caustificación por la bomba del pozo de recuperación.

4. Resumen de Resultados

Conforme a las características técnicas del sistema, así como a los parámetros operacionales, es posible afirmar que el licor verde que fue rebasado desde el área de caldera recuperadora al clarificador primario de la planta de tratamiento de efluentes es de $1,1[m^3]$, conforme a los cálculos efectuados, y que se resumen a continuación.

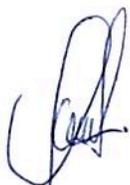
Para el hipotético caso en que la Planta Valdivia no contara con un sistema de control de rebases, en particular en esta área, con un pozo y bomba de recuperación, el licor rebasado al área de efluente hubiera correspondido a $20.5 [m^3]$

4.1 Caso analizado

- | | |
|--|------------------------------------|
| a. Licor verde rebasado del Tk. Disolvedor | : 75,6 $[m^3]$ |
| b. Licor almacenado en pozo de recuperación | : - 3,8 $[m^3]$ |
| c. Licor verde bombeado a Caustificación | : - 55,1 $[m^3]$ |
| d. Licor verde recuperado por bomba de recuperación | : <u>- 15,6 $[m^3]$</u> |
| e. Licor verde rebasado del pozo de recuperación a efluentes | : 1,1 $[m^3]$ |

4.2 Caso hipotético si no existiera bomba y pozo de recuperación

- Licor verde rebasado a el área de efluentes (a-c) : **20,5 $[m^3]$**


OSCAR FARIÁS F.
RUT = 10.472.030-7

ANEXOS

Anexo 1: Determinación caudales en bombas de proceso

A1.1

CÁLCULO DEL FLUJO DE LICOR VERDE BOMBEADO A CAUSTIFICACIÓN.

Cálculo del flujo de licor débil que es bombeado desde Caustificación al Tk. Disolvedor antes del evento. Este caudal corresponde al flujo de licor que luego rebasa del Tk. Disolvedor.

Fecha
17-01-2014 13:17
17-01-2014 13:22

val352fi476a	Flujo de licor débil
--------------	----------------------

Horario	Flujo l/s
17-01-2014 13:17	53,8
17-01-2014 13:18	54,6
17-01-2014 13:19	59,6
17-01-2014 13:20	59,8
17-01-2014 13:21	58,4

Promedio	57,24
----------	-------

Nota:

Los datos se tomaron como el promedio cada un minuto

A1.2

CÁLCULO DEL FLUJO DE LICOR VERDE BOMBEADO A CAUSTIFICACIÓN.

Cálculo flujo de licor verde que es bombeado desde el Tk. Disolvedor al área de Caustificación, al momento de poner en servicio la bomba 352M302 del TK Disovedor. Este caudal corresponde al flujo de licor que es bombeado del Tk Disolvedor y que permite que no siga rebasando.

Fecha

17-01-2014 13:44

17-01-2014 13:54

val352fi476a

Flujo de licor Debil

Horario	Flujo l/s
17-01-2014 13:44	40,2
17-01-2014 13:45	127,7
17-01-2014 13:46	108,4
17-01-2014 13:47	117,4
17-01-2014 13:48	138,1
17-01-2014 13:49	152,3
17-01-2014 13:50	161,6
17-01-2014 13:51	161,9
17-01-2014 13:52	160,4
17-01-2014 13:53	145,1

Promedio flujo bomba Licor Verde	131,3
-------------------------------------	-------

Nota:

Los datos se tomaron como el promedio cada un minuto
El periodo captura de datos fue de 10 minutos antes del evento.

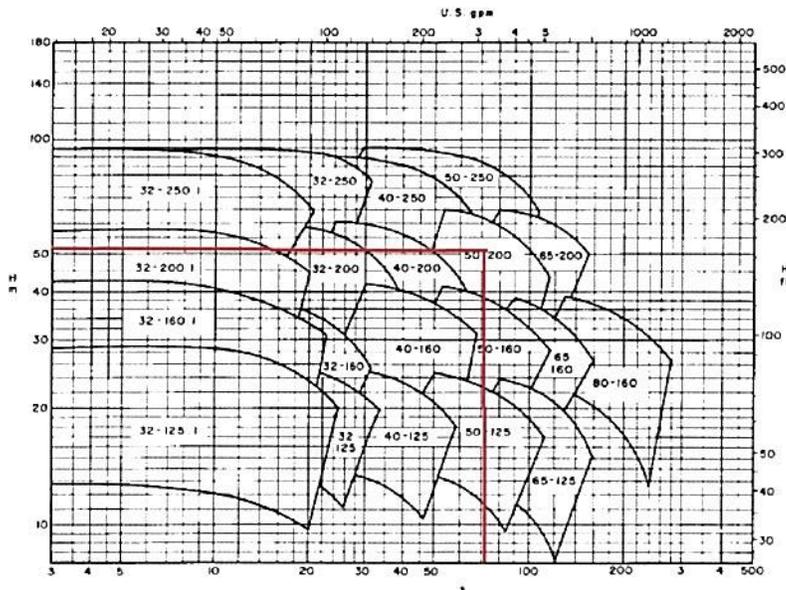
A1.3 Caudal bomba de recuperación de recuperación: 1,2 m³/min (72 m³/h)

B	C	D	E	G	H	M	N	AC	AD
AREA	TAG UBICACIÓN EQUIPO EN PLANTA	EQUIPO	EQUIPMENT NAME	MARCA	MODELO	CAUDAL m ³ /h	VELOCIDAD DE GIRO RPM	ALTURA DE ELEVACION m	POTENCIA MOTOR KW
352	352-21-304	BOMBA	(GREEN LIQUOR) SPILL COLLECTION PUMP	KSB	MEGACHEM V-G 50-200	72	2900	50	30



KSB Megachem V

Campo de Aplicação - 50 Hz



2.900 rpm

Anexo 2: Cálculo mediante software EES

```

EES Professional: - [Equations Window]
File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples
[Icons]

"Balance materia disolvedor"
m_dot_1=rho_1*Q_1
m_dot_2=rho_2*Q_2
m_dot_1=m_dot_2+m_dot_3
Q_1=57.24*60/1000
rho_1=1200 [kg/m3]
rho_2=1000 [kg/m3]

"Estimación del flujo de fundido proveniente de la caldera"
m_dot_3=m_dot_LN*F_fs*F_fund
m_dot_LN=24 [l/s]*rho_LN*60[s/min]
rho_LN=1.374 [kg/l] "Densidad del licor negro"
F_fs=0.482 [kg_f/kg_LNs] "Factor que relaciona kg de material fundido por kg de licor negro en base seca"
F_fund=0.72 [kg_LNs/kg_LN] "Factor de kg de licor negro seco por kg totales"

"Cálculo del volumen de rebalse en el disolvedor"
V_RD=Q_2*DELTA_t_R
DELTA_t_R=22 [min]

"Cálculo del volumen de retención del pozo V_rP"
V_P=10.77 [m3] "Volumen efectivo del pozo"
P_dP=0.35 "Porcentaje disponible de retención en el pozo al momento de la falla"
V_rP=V_P*P_dP

"Cálculo del volumen recuperado desde la entrada en funcionamiento de la bomba de licor verde a caustificación"
Q_1df=131.1*60/1000 "Caudal bomba de licor verde del tanque disolvedor, después de la falla"
DELTA_t_B1=7 [min] "Tiempo de servicio hasta que deja de rebalsar estanque disolvedor"
V_B1=Q_1df*DELTA_t_B1

"Cálculo del volumen de licor verde recuperado por bomba B3 del pozo hacia caustificación"

DELTA_t_B3r=13 [min]
Q_B3r=72/60 [m3/min]
V_B3r=Q_B3r*DELTA_t_B3r

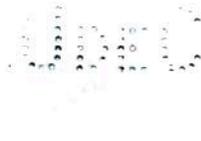
"Cálculo volumen de rebalse del pozo de recuperación de licor verde a efluentes"
V_Efluente=V_RD-V_rP-V_B1-V_B3r

```

The screenshot shows the 'EES Solution' window with the following data:

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$\Delta t_{B1} = 7$ [min]	$\Delta t_{B3r} = 13$ [min]
$\Delta t_R = 22$ [min]	$F_{fs} = 0,482$ [kg _f /kg _{LN_s}]
$F_{fund} = 0,72$ [kg _{LN_s} /kg _{LN}]	$\dot{m}_1 = 4121$ [kg/min]
$\dot{m}_2 = 3435$ [kg/min]	$\dot{m}_3 = 686,6$ [kg/min]
$\dot{m}_{LN} = 1979$ [kg/s]	$P_{dP} = 0,35$
$Q_1 = 3,434$ [m ³ /min]	$Q_{1df} = 7,866$ [m ³ /min]
$Q_2 = 3,435$ [m ³ /min]	$Q_{B3r} = 1,2$ [m ³ /min]
$\rho_1 = 1200$ [kg/m ³]	$\rho_2 = 1000$ [kg/m ³]
$\rho_{LN} = 1,374$ [kg/l]	$V_{B1} = 55,06$ [m ³]
$V_{B3r} = 15,6$ [m ³]	$V_{Efluente} = 1,1$ [m ³]
$V_P = 10,8$ [m ³]	$V_{RD} = 75,6$ [m ³]
$V_{iP} = 3,8$ [m ³]	

Anexo 3: Certificados de título y postgrado del Consultor

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

CHILE

Certifico que por Decreto del señor Rector
de 9 de SEPTIEMBRE de 1991
se confirió el TITULO
de INGENIERO CIVIL MECANICO
a don OSCAR FRANCISCO FARIAS FUENTES

Concepción, 23 de SEPTIEMBRE de 19 91

F. 17/23
23099109

CARLOS ALVAREZ NUÑEZ
Secretario General

COMMUNA JÉTÉ FRANÇAISE D BELGIQUE
UNIVERSITÉ DE LIÈGE

Monsieur le Président, Secrétaire et Membres du Jury chargé par la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Liège de procéder aux examens de grade scientifique de Docteur en Sciences appliquées

Nous l'avons l'honneur de vous adresser ci-joint le rapport de la Commission d'admission des examens de grade scientifique de l'Université de Liège.

Monsieur Oscar FARIAS FUENTES, ingénieur, a obtenu le grade de Docteur en Sciences appliquées de l'Université de Liège le 04 février 1966.

Monsieur Oscar FARIAS FUENTES a soutenu sa thèse de doctorat le 04 février 1966.

Monsieur Oscar FARIAS FUENTES a soutenu sa thèse de doctorat le 04 février 1966. Le titre de sa thèse est : "Optimal Combustion Control in Fuel-Oil Boilers from the Flame Emission Spectrum".

Monsieur Oscar FARIAS FUENTES a obtenu le grade scientifique de Docteur en Sciences appliquées

le 04 février 1966, sous la direction de Monsieur Oscar FARIAS FUENTES, titulaire de la chaire de Docteur en Sciences appliquées de l'Université de Liège et par les professeurs de la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Liège.



Fait à Liège, le 28 novembre 1997.

Le Secrétaire,
 Le Président,
 Le Jury,

Les Membres du Jury,
 Le Jury,

Le Président,
 Le Jury,



Instituto Regional de Administración de Empresas

DIPLOMADO

COACHING PARA EL DESARROLLO DE
COMPETENCIAS DE GESTIÓN Y LIDERAZGO

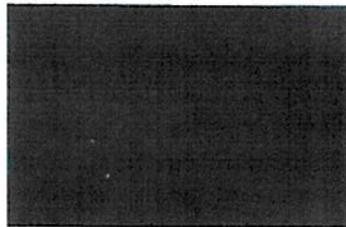
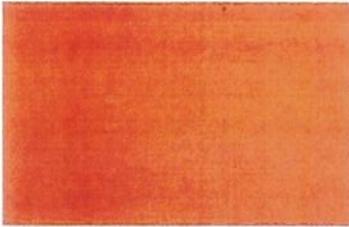
IRADE certifica que

ÓSCAR FARIÁS FUENTES

Cumplió los requisitos del diplomado, realizado en
Concepción en el periodo 8 de Junio al 15 de Diciembre de 2007
con una duración de 178 horas.


Aldo Moyaín Jobet
Gerente General
IRADE


Francisco Miguñes Salazar
Gerente
IRADE Capacitación Ltda





INSTITUTO NACIONAL
DE NORMALIZACION



D I P L O M A

El Instituto Nacional de Normalización, INN, certifica que

OSCAR FRANCISCO FARIAS FUENTES

Aprobó el "Diplomado en gestión de laboratorios de ensayo y calibración, NCh-ISO17025", realizado entre el 10 de Mayo y el 13 de Julio de 2013, con una duración de 136 horas.

Santiago de Chile, 30 de Agosto de 2013

JUAN CARLOS JOROUERA DIAZ
Jefe División Difusión y Capacitación

SERGIO TORO GALLEGUILLOS
Director Ejecutivo





Avaliação técnica da estação de tratamento de efluente (ETE) da ARAUCO – Valdivia/Chile



DSc. Cláudio Arcanjo de Sousa

04 de março de 2016

**Preparado para:
Celulosa Arauco e Constitución S.A.
Planta Valdivia – Chile**



Sumário

Introdução	1
Unidades operacionais da Estação de Tratamento de efluentes	1
Objetivos	4
Metodologia	4
Descrição do processo de geração e decomposição do licor verde	5
Origem e dissociação do licor verde	5
Avaliação dos parâmetros operacionais	6
Tempo de detenção hidráulica (TDH) do efluente no tratamento secundário e terciário	6
Condutividade dos Efluentes: Geral (Alcalino), Baixo Sólido (Ácido) e tanque de neutralização	7
pH do Efluente geral, efluente baixo sólido e tanque de neutralização	8
Temperatura na saída das torres de resfriamento/entrada dos reatores biológicos.....	10
Potencial Redox nas câmaras Anóxicas.....	11
Concentrações e carga de DQO na entrada dos reatores	12
Concentração de DQO nos reatores	13
Eficiência de remoção de DQO	14
Índice Volumétrico do Lodo – IVL	16
Concentração de nutrientes no interior dos reatores biológicos	17
Taxa de Alimento/Microrganismos (A/M).....	20
Condutividade e pH do efluente tratado	21
Emissões específicas de Nitrogênio	22
Emissões específicas de Fósforo	22
Emissões específicas de Sólidos Suspensos Totais - SST	23
Demais parâmetros da qualidade dos efluentes tratados	24
Conclusões	24
Referências	24
ANEXO 1. Boletim de análise pontual (Controle interno da Arauco)	26
ANEXO 2. Controle externo da qualidade do efluente tratado	27



Introdução

A Arauco, Valdivia – Chile é uma fábrica de celulose Kraft branqueada de Eucalipto e Pinus localizada na Rota 5 - Sul, Km 788, Setor Rucaco, cidade de San José de La Mariquina, província de Valdivia as margens do Rio Cruces.

A principal matéria prima utilizada pela Arauco, Valdivia para a produção de madeira é o *Eucalyptus globulus* e o *Pinus radiata* ambos cultivados na região dos Rios, na província de Valdivia. Além das matérias primas já citada, são utilizados diversos insumos, dentre eles, água, energia elétrica, vapor, agentes químicos de cozimento e branqueamento da celulose, dentre outros.

Atualmente a produção anual de celulose da Planta Valdivia é de 550.000tsa distribuídas entre pinus e eucalipto. O volume de água captada diariamente no Rio Cruces é de aproximadamente 3.000m³/hora e a geração média de efluente é de 2.500m³/h.

Durante o processo industrial são produzidos diversos tipos de efluentes que são coletados nas diversas áreas e encaminhados para uma estação de tratamento de efluentes por lodos ativados onde os mesmos são submetidos aos diversos tratamentos tais como: tratamento preliminar para remoção dos sólidos grosseiros, tratamento primário para remoção dos sólidos sedimentáveis, tratamento secundário para remoção da matéria orgânica dissolvida e coloidal e tratamento terciário para remoção de cor. Após as etapas de tratamentos físico, químicos e biológicos, os efluentes tratados são encaminhados para o Rio Cruces e diluídos subsuperficialmente através de difusores.

O presente relatório técnico tem como principal objetivo avaliar a eficiência e a capacidade de tratamento de efluentes da estação de tratamento de efluentes industriais durante o recebimento do licor verde ocorrido no dia 17 de janeiro de 2014.

Unidades operacionais da Estação de Tratamento de efluentes

A estação de tratamento de efluentes industriais da Arauco, Valdivia é composta de tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário, tratamento terciário, emissário e lagoa de derrames.

Um croqui simplificado das unidades de tratamento é apresentado na Figura 1.

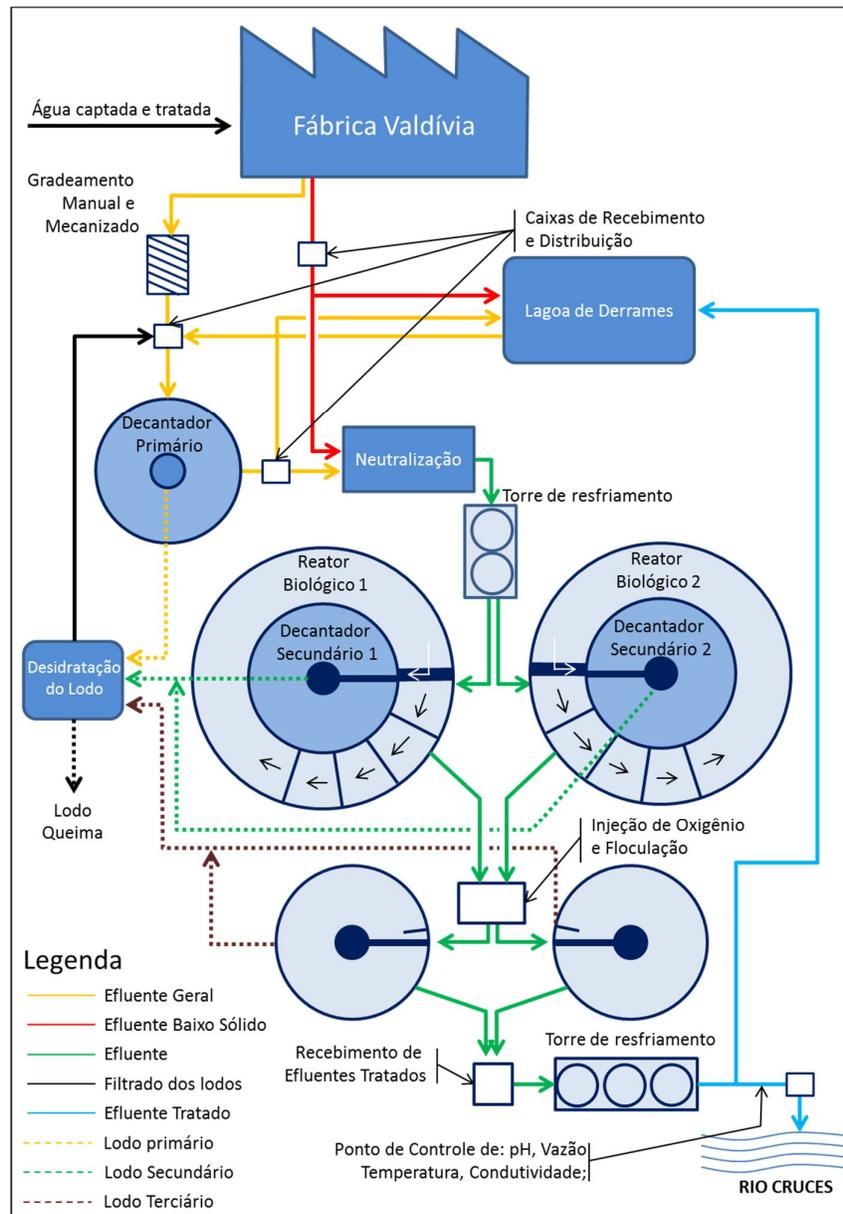


Figura 1. Croqui simplificado da Estação de Tratamento de Efluentes – Arauco-Valdivia

As principais dimensões das unidades operacionais da ETE com suas respectivas dimensões/capacidades utilizadas neste relatório estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Principais Unidades Operacionais e suas respectivas Dimensões e capacidades¹

Unidade Operacional/Descrição	Dimensão/Capacidade
Pré gradeamento manual	Quantidade: 1 Espaçamentos entre grades: 4 cm

¹ Todos os dados de projeto foram fornecidos pelo fornecedor dos equipamentos.



Unidade Operacional/Descrição	Dimensão/Capacidade
Gradeamento mecanizado	Quantidade: 1 Largura: 1,8m Altura: 1,8m Espaçamento entre grades: 1,5cm Capacidade: 1.890m ³ /h
Clarificador primário	Quantidade: 1 Diâmetro: 40m Altura: 4m Volume: 5.027m ³ Tempo de Detenção Hidráulica (TDH): 3,5h Taxa de aplicação Hidráulica (TAH): 0,7 m/h
Tanque de neutralização	Quantidade: 1 Volume: 133 m ³ Misturador hiperbólico: 1 Sistema de amostragem: 1
Torre de resfriamento	Quantidade: 1 Vazão de projeto: 2.700 m ³ /h Temp. entrada efluente: 69°C (máx.) Temp. saída efluente: 29°C Número de células: 02 células Diâmetro do ventilador: 7.300mm
Lagoa de derrames	Quantidade: 1 Volume Total: 130.000m ³ Nível máximo operacional²: 90% Volume máximo operacional: 117.000m ³
Reator biológico	Quantidade: 2 em paralelo Volume total de cada reator: 25.400m ³ Volume total de reação do sistema: 50.800m ³ MBP³: 3.750m ³ /Reator Zona Anóxica: 3.000m ³ /Reator Seletor 1: 1.300m ³ /Reator Seletor 2: 1.300m ³ /Reator Tanque de Aeração plug flow: 15.650m ³ /Reator
Sistema de Aeração	Quantidade total: 29 unidades/reator Compressor: 4 compressores/reator Capacidade dos compressores: 7.400Nm ³ /h
Decantador Secundário	Quantidades: 02 unidades Diâmetro: 52m

² Nível máximo determinado pelo Órgão Ambiental de Operação da Unidade Industrial.

³ MBP - Minimal Biosludge Production



Unidade Operacional/Descrição	Dimensão/Capacidade
	Altura: 4,1m Volume: 8.707m ³ /Linha TDH: 6,40 h TAH: 0,56 m/h Taxa de Aplicação de Sólido (TAS): 4,45 Kg/m ² .d ⁻¹
Tratamento terciário - Flotador	Largura: 20,5m Altura útil: 1,8m Área útil: 267m ² Volume útil: 162m ³ Vazão de projeto: 1.350m ³ /h TAH: 5,1m ³ /m ² .h
Sistema de desaguamento do lodo	Vazão: 175m ³ /h Consistência: <25% Capacidade operacional: 10t/d

De acordo com Metcalf E Eddy (2003), as dimensões e as capacidades das unidades operacionais da estação de tratamento de efluentes industriais estão dentro dos padrões recomendados para este tipo de tratamento, portanto, a ETE tem capacidade instalada de projetos suficiente para tratar de forma adequada todos os efluentes industriais da Planta Valdivia-Chile.

Objetivos

O presente relatório técnico tem como principal objetivo avaliar o desempenho e a capacidade de tratamento de efluentes da estação de tratamento de efluentes industriais durante e após a parada "trip" da caldeira de recuperação com subsequente envio de licor verde para a ETE ocorrido no dia 17 de janeiro de 2014.

Analisar o destino do licor verde durante os tratamentos físico-químicos e biológicos realizados na ETE da planta Valdivia – Chile.

Metodologia

Todos os dados utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram fornecidos pela Celulosa Arauco e Constitución S.A, Valdivia – Chile.

Todos os dados foram obtidos através do Sistema Supervisório "Aspen Process Explorer V8.4 – IP.21" da Arauco e através de boletins internos de monitoramento. Devido ao tempo de residência total que os efluentes permanecem no sistema (Figura 2) foram utilizadas as médias diárias de todos os parâmetros avaliados.

Foi feita ainda visita incursiva na estação de tratamento de efluentes para conhecer as instalações e as práticas operacionais de controle para melhor elucidar a elaboração deste relatório. Também foi visitado o ponto de lançamento dos efluentes tratados no Rio Cruces.



Descrição do processo de geração e decomposição do licor verde

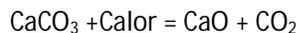
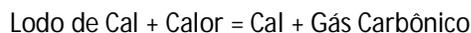
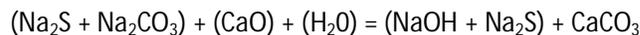
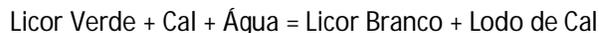
Origem e dissociação do licor verde

Após o cozimento da madeira com licor branco (Na_2S e NaOH), a polpa de celulose segue para a etapa de branqueamento e o licor branco de cozimento se transforma em licor preto fraco que será concentrado na seção de evaporação originando o licor preto concentrado.

Este licor preto concentrado é previamente aquecido e misturado com as cinzas dos precipitadores e posteriormente é bombeado para o interior da caldeira, onde inicia a sua queima.

Na queima da matéria orgânica (principalmente lignina originária do cozimento) é produzido calor e o vapor gerado é usado no processo de fabricação da celulose como um todo e geração de energia elétrica. A matéria inorgânica (reagentes químicos) funde sob o efeito do calor e o fundido (*smelt*) é recolhido pelo fundo da caldeira, sendo em seguida encaminhado para o tanque dissolvedor de *smelt*.

Da solubilização do *smelt* com licor verde débil proveniente da caustificação, resulta se o licor verde, que toma esta cor devido aos sais ferrosos formados. Este licor verde é rico em carbonato de sódio (Na_2CO_3) e sulfeto de sódio (Na_2S). Este licor verde quando adicionado cal (CaO) mais água (H_2O) formará o licor branco ($\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$) de cozimento mais a lama de cal que após o processo de calcinação formará a cal (CaO) que será novamente adicionado ao licor verde e o ciclo do processo continua. A equação da geração do licor verde é apresentada abaixo.



É importante mencionar que o licor verde ($\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$) durante o tratamento de efluentes na zona anóxica será convertido em Na e CO_2 devido às bactérias utilizarem o CO_3^- como receptor final de elétrons liberando o CO_2 e durante o tratamento na zona aeróbia o Na_2S será dissociado em Na^+ e HS^- que devida à condição aeróbica é convertido a SO_4^{2-} que são utilizados pelas bactérias presentes no sistema eliminando completamente quaisquer efeitos deletérios para as etapas subsequentes e para o meio ambiente.



Uma forma prática de se medir as concentrações dos diversos compostos resultantes da depuração do licor verde ($\text{Na}^+ \text{SO}_4^{2-}$) e demais íons é através da utilização de medidores *on-line* de condutividade no efluente tratado. Esses equipamentos estão instalados na saída dos efluentes tratados da ETE da Planta Valdivia e será discutido adiante.

Avaliação dos parâmetros operacionais

Para avaliar os parâmetros operacionais da planta de tratamento de efluentes e os efeitos do licor verde sobre estes parâmetros, foi necessário avaliar um período maior ao período da ocorrência do *trip* da caldeira de recuperação de modo a verificar como todo o sistema estava se comportando e como o envio de licor verde devido ao *trip* na caldeira de recuperação no dia 17 de janeiro impactou a operação da ETE e os efeitos desses sobre a qualidade dos efluentes tratados. Dessa forma para melhor elucidação dos parâmetros operacionais, foram avaliados os principais parâmetros operacionais da ETE no período compreendido entre 15/12/2013 a 01/02/2014.

Considerando que o licor verde é composto basicamente de $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ e que o aumento na vazão deste licor verde no efluente geral impacta principalmente os valores de pH e condutividade e considerando que as alterações de pH e condutividade poderiam causar impactos da qualidade da biota, com redução na eficiência de remoção de matéria orgânica, sobretudo DQO, elegeu-se os seguintes parâmetros operacionais para determinar se o volume de licor verde transbordado de $1,1\text{m}^3$ e encaminhado para a ETE causou algum efeito deletério ao sistema e conseqüentemente alterando a qualidade do efluente tratado.

Os principais parâmetros avaliados foram:

- Tempo de detenção hidráulica dos efluentes
- Condutividade dos efluentes geral (alcalino), efluente baixo sólido (ácidos) e tanque de neutralização
- pH do efluente geral (alcalino), efluente baixo sólido (ácidos) e tanque de neutralização
- Temperatura na saída das torres de resfriamento/entrada dos reatores biológicos
- Potencial redox nas câmaras anóxicas
- Concentração e carga de DQO na entrada dos reatores
- Concentração de DQO nos reatores
- Eficiência de remoção de DQO
- Índice volumétrico do lodo – IVL
- Concentração de nutrientes no interior dos reatores biológicos
- Taxa Alimento/Microrganismos (A/M) nos reatores biológicos

Tempo de detenção hidráulica (TDH) do efluente no tratamento secundário e terciário

O tempo de detenção hidráulica dos efluentes no sistema tem a função determinar qual o

tempo que os efluentes ficarão no sistema, ou seja, após o efluente chegar à ETE depois de quanto tempo em que os mesmos estarão saindo do sistema.

O TDH para cada unidade e o TDH total estão apresentados na Figura 2.

Observação: Considerando-se que os maiores efeitos poderão ocorrer no tratamento biológico e terciário, foram considerados os TDH's desses dois tratamentos excluindo-se o tratamento preliminar e primário.

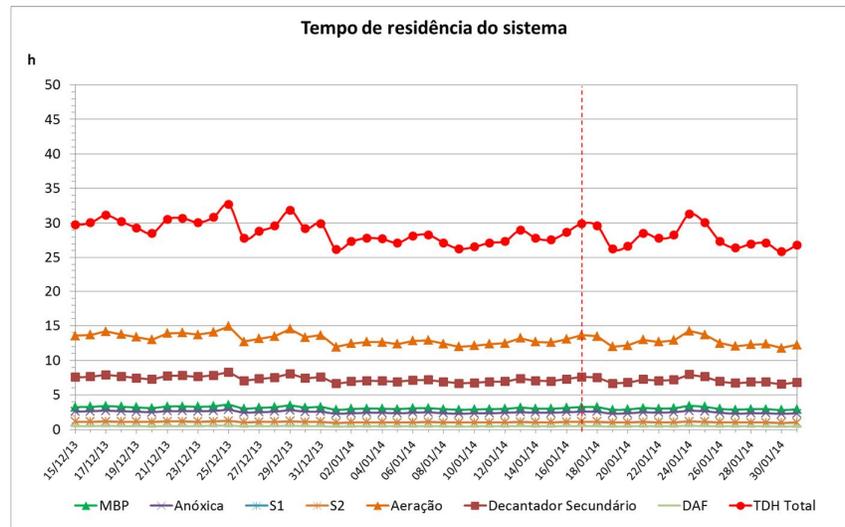


Figura 2. Tempo de detenção hidráulica do sistema.

Observa-se que o TDH médio desconsiderando o tratamento preliminar e o tratamento primário foi superior a um dia, demonstrando que o tempo de permanência do efluente no sistema foi suficiente para depurar as cargas orgânicas e está de acordo com o estabelecido pelo fornecedor da planta (AQUAFLOW, 2003).

Condutividade dos Efluentes: Geral (Alcalino), Baixo Sólido (Ácido) e tanque de neutralização

Os dados da condutividade dos efluentes Geral, baixo sólido e tanque de neutralização estão apresentados na Figura 3.

A concentração de íons é diretamente proporcional ao valor da condutividade, ou seja, na medida em que ocorre o aumento dos íons no meio, ocorre também o aumento da condutividade (METCALF & EDDY, 2003). Jenkins, et al (2003) cita que o excesso e o tipo de íons interferem na floculação da biota prejudicando a formação dos flocos. De uma maneira geral para a adequada operação dos tratamentos biológicos, recomenda-se o valor máximo da média diária de $3.500\mu\text{S}/\text{cm}$ o que garantirá que a biota crescerá e floculará de modo adequado.

Geralmente o sistema de tratamento biológico aumenta a concentração de condutividade (SOUSA 2007) e considerando que a Planta Valdivia existe uma condicionante que determina

que o limite máximo de condutividade a ser lançado no Rio Cruces deva ser menor que $4.000\mu\text{S}/\text{cm}$ e considerando que até $3.500\mu\text{S}/\text{cm}$ ocorre uma boa floculação, definiu-se o limite de $3.500\mu\text{S}/\text{cm}$ como sendo o limite máximo recomendado para os valores de condutividade no tanque de neutralização, localizado antes dos reatores biológicos.

Devido os efluentes de baixo sólido ser gerados nas sequências de branqueamento, estes possuem condutividade ligeiramente elevada comparadas ao efluente geral, isso ocorre porque no branqueamento se utiliza agentes químicos de branqueamento e de alvejamento da polpa conferindo assim maior carga de condutividades aos mesmos.

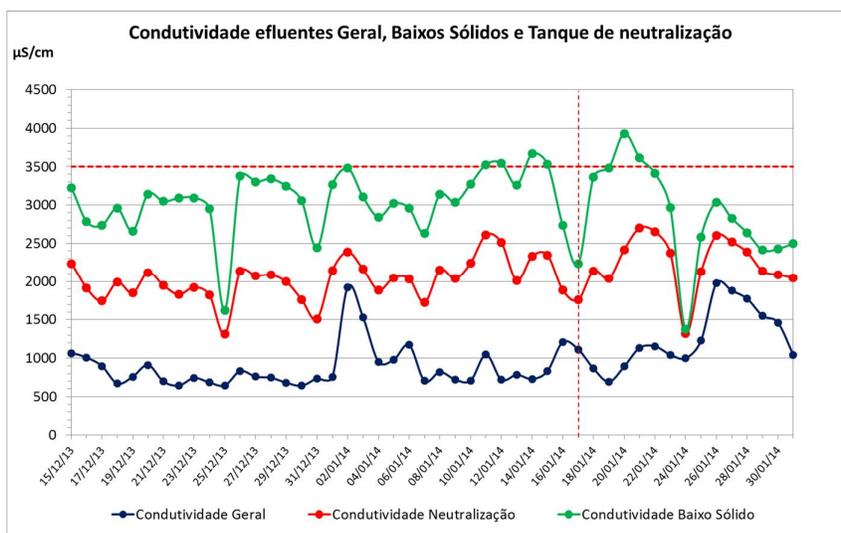


Figura 3. Condutividade dos efluentes geral, efluente baixo sólido e tanque de neutralização.

Após a mistura entre o efluente geral e o efluente baixo sólido produz um efluente com características ideais de condutividade e pH (Figura 4) para o tratamento de efluentes. De um modo geral, os valores de condutividade verificados nos efluentes da fábrica de celulose da Arauco, Valdivia sempre inferiores aos valores recomendados garantindo assim, uma condição adequada para o tratamento biológico dos efluentes.

pH do Efluente geral, efluente baixo sólido e tanque de neutralização

O pH exerce um papel importante para o tratamento biológico, sobretudo no crescimento biológico, pois todos os processos metabólicos que ocorrem durante o tratamento biológico são dependentes do pH. Os valores de pH do efluente geral, efluente baixo sólido e do tanque de neutralização estão apresentados na Figura 4.

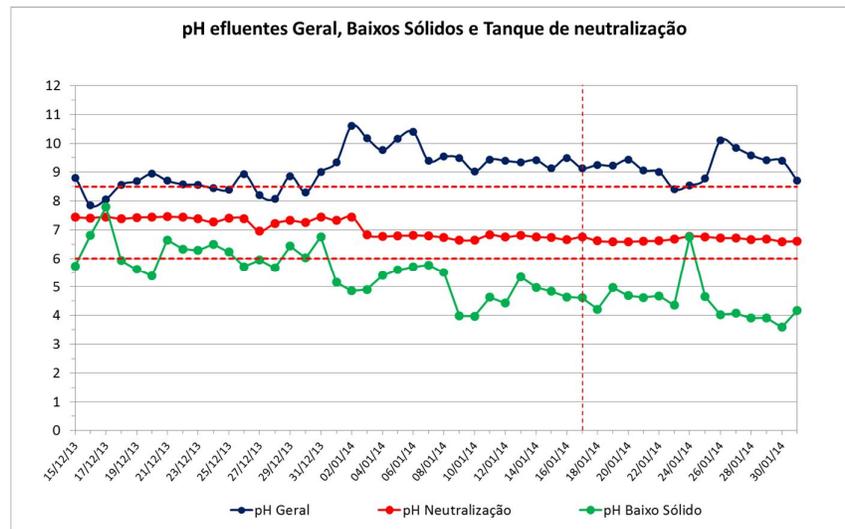


Figura 4. pH do efluente geral, efluente baixo sólido e tanque de neutralização.

Variações de pH na entrada dos reatores biológicos ocasionam grandes distúrbios no processo acarretando, redução do crescimento, desfloculação do lodo e perda da eficiência da planta para remover as cargas orgânicas dos efluentes, principalmente DBO e DQO (GRADY 1999).

Muitas bactérias não toleram valores de pH acima de 9,5 ou abaixo de 4,0. Geralmente o pH ótimo de crescimento está entre 6,5 e 7,5. No entanto, existem algumas espécies de *archaea-bactérias* que podem crescer em condições extremas de temperatura, pH e condutividade (METCALF & EDDY, 2003). Para operação de plantas de tratamento de efluentes recomenda-se valores de pH variando entre 6,0 a 8,5, garantindo assim a estabilidade dos processos bioquímicos do tratamento biológico de efluentes, que está de acordo com o manual do fornecedor da ETE AQUAFLOW (2003).

Essas pequenas variações de pH dentro da faixa recomendada são totalmente tamponadas pelo tratamento biológico, uma vez que o mesmo adequa os valores de pH para atender as demandas fisiológicas. A Figura 6 apresenta os valores de pH na câmara de neutralização e no interior dos reatores biológicos. Observa-se o perfeito ajuste do pH dentro do reator para a neutralidade (pH 7,0) independente dos valores que entram.

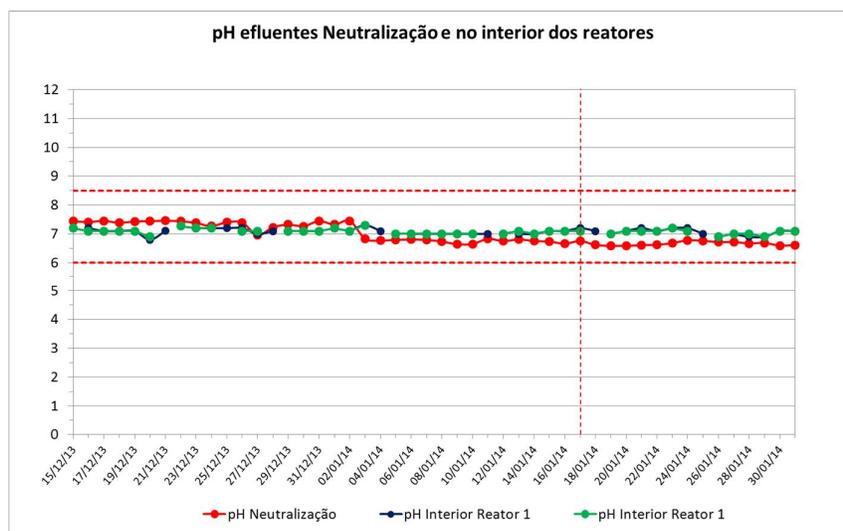


Figura 5. Valores de pH no tanque de neutralização e no interior dos reatores biológicos.

Pelos valores de condutividade do tanque de neutralização na Figura 3 e 4, verifica-se que o tanque de neutralização tem funcionado perfeitamente para a neutralização e homogeneização tanto do pH quanto da condutividade.

Outro fator muito importante que se pode verificar é que o pH dentro do interior do reator biológico se manteve completamente estável durante todo o período, confirmando que a biota não sofreu impactos com as cargas de licor verde ocorrida no dia 17 de janeiro de 2014.

Temperatura na saída das torres de resfriamento/entrada dos reatores biológicos

Os valores de temperatura na saída das células da torre de resfriamento antes do tratamento biológico estão apresentados na Figura 6.

A faixa de temperatura ótima para o perfeito desempenho dos microrganismos que são responsáveis pelo tratamento de efluentes está entre 30 e 35°C (METCALF & EDDY, 2003).

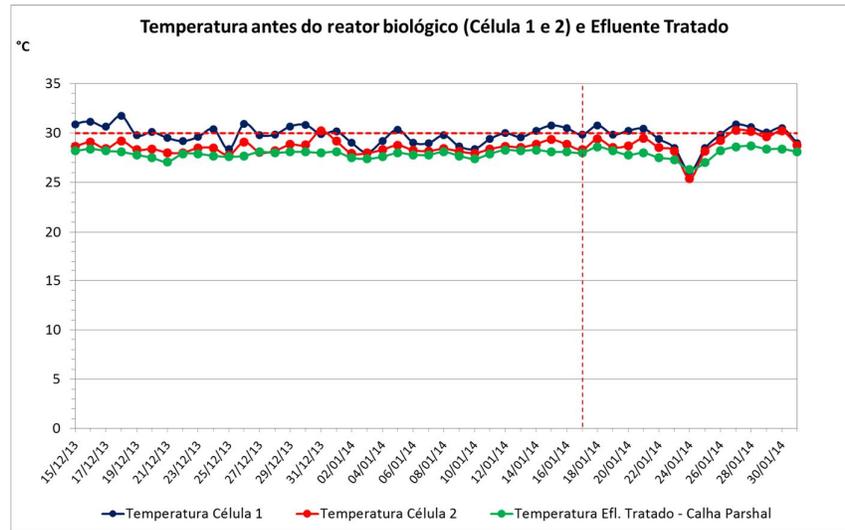


Figura 6. Temperatura na saída da torre de resfriamento (Célula 1 e 2) antes do reator biológico e efluente tratado (Calha Parshal).

Potencial Redox nas câmaras Anóxicas

O potencial redox quantifica indiretamente a existência de agentes oxidantes ou redutores em um meio líquido. É uma análise muito sensível e eficiente para monitoramento dos agentes oxidantes ou redutores no meio. Desse modo, medir o potencial redox na câmara anóxica permite monitorar com grande eficiência a presença dos agentes oxidantes para os sistemas biológicos, evitando que ocorra algum impacto na biota, nas etapas subsequentes e principalmente no meio ambiente.

O clorato é um agente oxidante de maior preocupação para o tratamento de efluentes e para o meio ambiente, dessa forma, mede-se o potencial redox na câmara anóxica de modo a monitorar e providenciar o tratamento adequado nesta etapa.

A Figura 7 apresenta os resultados do potencial redox durante o período avaliado demonstrando que o mesmo não sofreu nenhuma alteração significativa que fosse um indicativo da presença do licor verde ou de qualquer outro composto. Observa-se que o limite máximo de -150mV não fora atingido em nenhum dos dias analisados.

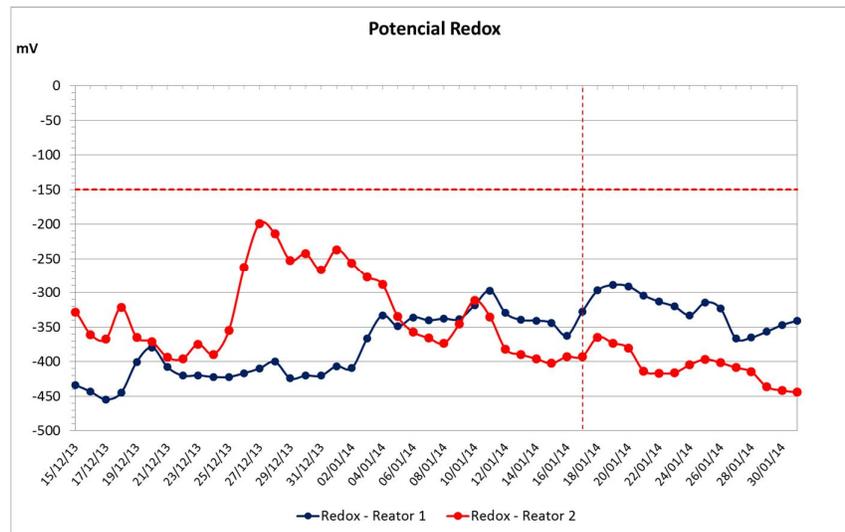


Figura 7. Potencial redox no interior das câmaras anódicas.

Concentrações e carga de DQO na entrada dos reatores

As concentrações e carga de DQO estão apresentadas na Figura 9. No início do mês de dezembro houve uma redução da carga de DQO na entrada dos reatores.

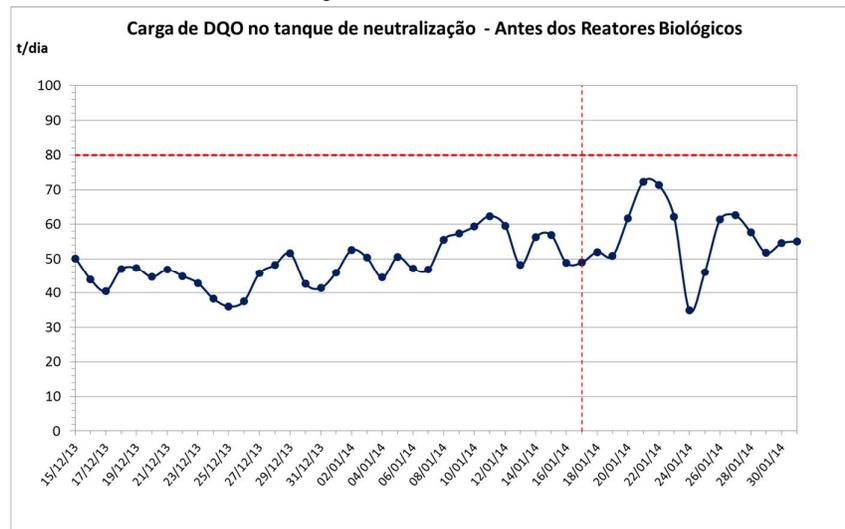


Figura 8. Cargas de DQO na saída do tanque de neutralização - entrada do tratamento biológico.

Essa redução da carga de DQO foi devida tanto pela redução da DQO quanto pela redução da vazão dos efluentes no período (Figura 10).

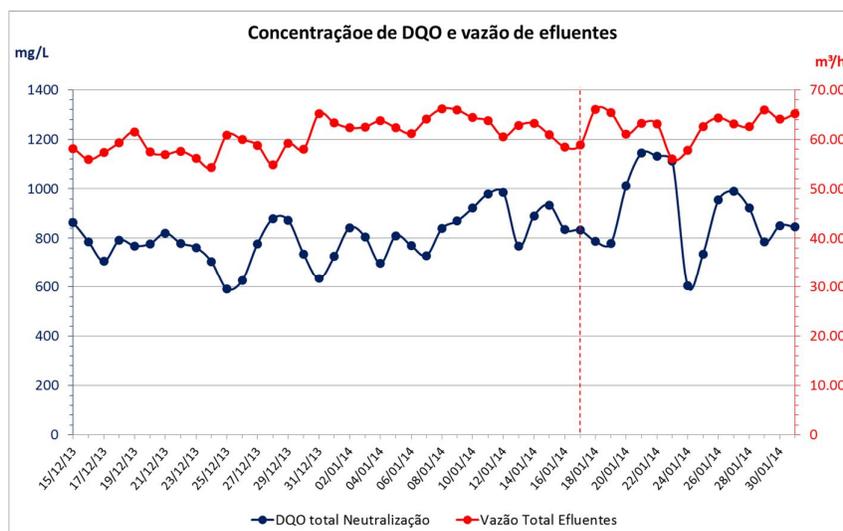


Figura 9. Concentração de DQO e vazão total dos efluentes

Verifica-se que a capacidade de operação da ETE da Arauco, Valdivia operou com folga no período avaliado e, portanto o recebimento do licor verde pela estação de tratamento de efluentes no dia 17 de janeiro não ocasionou maiores impactos na carga de DQO e tampouco na operação da ETE como um todo.

Um fato muito importante a se considerar neste caso, é que o licor verde derramado foi coletado e contido pelo sistema de recuperação de derrames que existem nas áreas industriais para este fim e encaminhado para o decantador primário para a remoção dos sólidos grosseiros. Esse conceito de controle preventivo da poluição ambiental industrial adotado pela Arauco, Valdivia segue as recomendações do European Commission (2015) através do *Report Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board*.

Além de promover a remoção dos sólidos sedimentáveis, o decantador primário também proporciona uma grande taxa de diluições dos diversos efluentes que são coletados nas diversas áreas, reduzindo os riscos de impacto deletério na biota e na qualidade dos efluentes tratados. Considerando-se que o volume transbordado de licor verde foi de 1,1m³ e considerando o volume total do decantador primário de 5.027m³ a diluição que ocorreu no dia 17 de janeiro foi de 1:4.570 aproximadamente.

Outro fato que deve ser considerado é que as bactérias utilizadas no tratamento biológico de efluentes são mais resistentes e adaptadas para degradar os diversos compostos que são encaminhados nos efluentes industriais, tais como Na₂S + Na₂CO₃.

Concentração de DQO nos reatores

Na Figura 11 observa-se a concentração de DQO nos reatores biológicos durante o período avaliado. Observa-se que após o evento do dia 17 de janeiro, as concentrações de DQO nas saídas dos reatores reduziram, demonstrando que o sistema apresentava-se melhor do que

vinha operando. De igual modo, essa redução não fora ocasionado pelo licor verde, mas possivelmente as variações normais do processo.

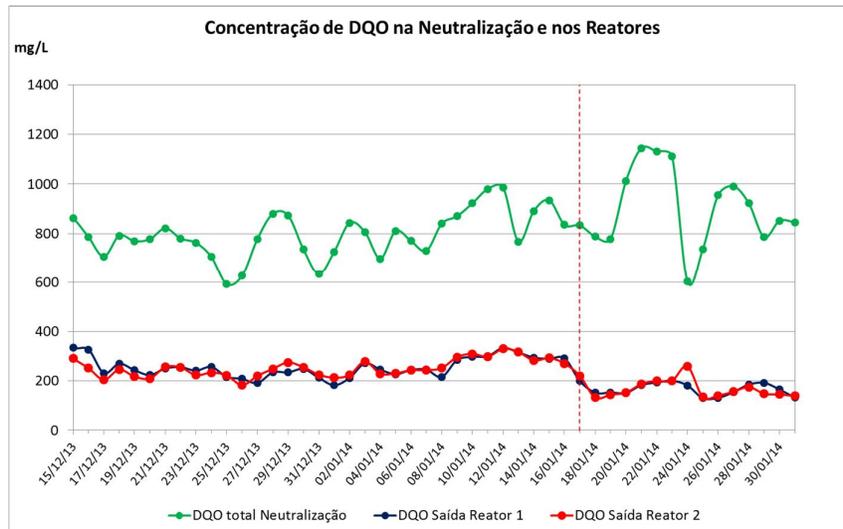


Figura 10. Concentração de DQO no tanque de neutralização e nos reatores biológicos.

Esta Figura mostra ainda a capacidade que o sistema biológico tem de neutralizar as cargas, pois embora tenha havido elevação na concentração e carga de DQO na entrada (Figura 7), o sistema se comportou perfeitamente bem, ajustando as concentrações finais de DQO dos reatores.

Eficiência de remoção de DQO

Com relação à eficiência de remoção de DQO pelo tratamento secundário pode se observar na Figura 10 que o sistema apresentou elevadas taxas de eficiências de remoções durante todo o período avaliado, inclusive no dia 17 de janeiro, legitimando que o licor verde não ocasionou efeito deletério para a biota do tratamento biológico.

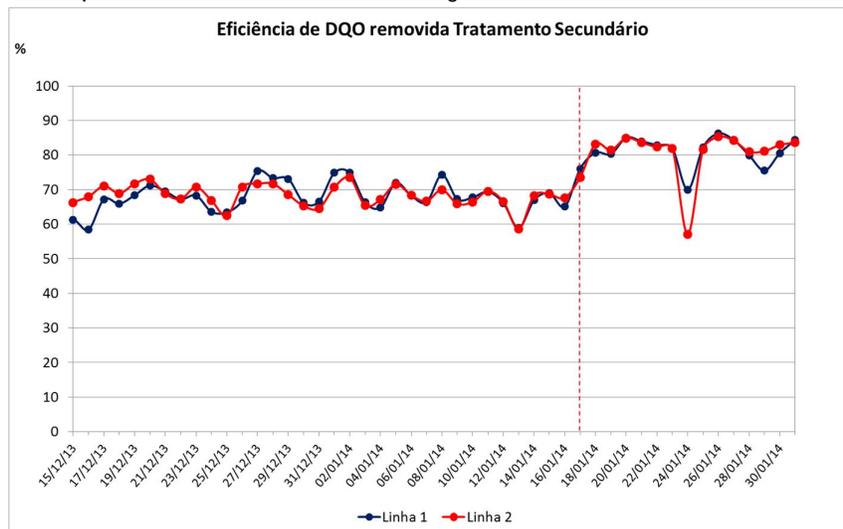


Figura 11. Eficiência de remoção de DQO pelo tratamento secundário (Reatores biológicos).

O aumento da eficiência de remoção da DQO a partir do dia 17 foi ocasionado principalmente pelo aumento da DQO inicial (Figura 9) e pela redução das concentrações da DQO no efluente tratado (Figura 11).

A European Commission (2015) cita que em fábricas novas de celulose a remoção de DQO por sistemas de lodos ativados varia entre 50 a 70%. No Brasil valores de remoções de DQO acima de 70% para fábricas de celulose Kraft são considerados excelentes. Dessa forma, pode-se afirmar que o sistema de tratamento de efluentes da Planta Valdivia-Chile apresenta uma excelente eficiência de remoção de DQO quando comparado com os sistemas europeus e brasileiros.

A Figura 12 apresenta a concentração na saída dos reatores e na saída da calha Parshal.

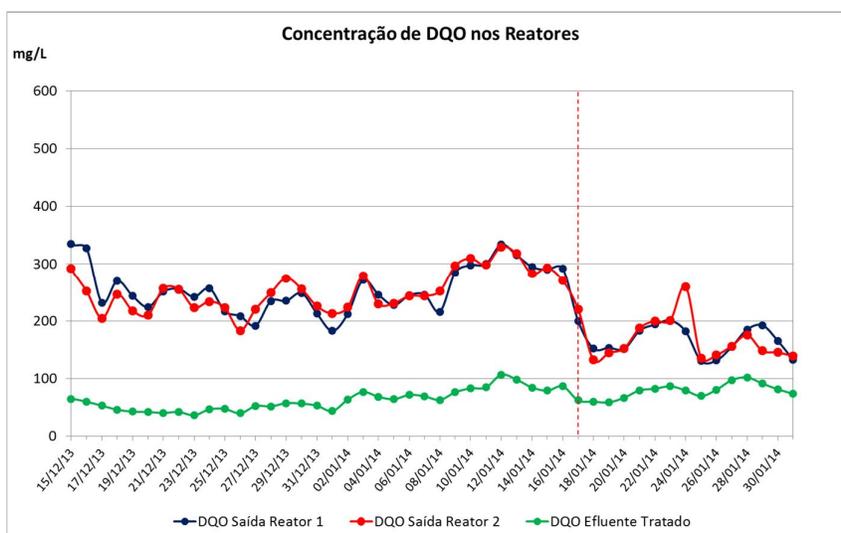


Figura 12. Concentração da DQO na saída nos reatores biológicos e no efluente tratado.

A Figura 13 apresenta a eficiência de remoção de DQO do sistema secundário (reatores biológicos) mais o sistema terciários (flotadores). Em todos os dias a remoção de DQO ficou acima dos 80%, demonstrando que a estação de tratamento de efluentes operou de modo excelente na remoção das cargas de DQO do processo.

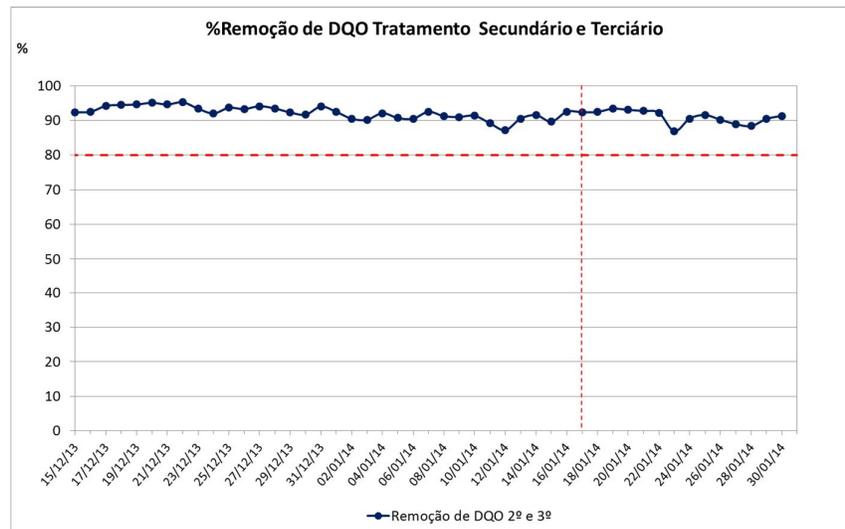


Figura 13. Remoção de DQO dos sistemas secundário e terciários.

A Figura 14 apresenta a média diária das emissões específicas de DQO da Planta Valdivia. A carga média específica de emissão de DQO pela Planta Valdivia no período avaliado foi de 2,6kg de DQO/Adt. A European Commission (2015) cita que o padrão Europeu de emissão de DQO/Adt varia de 5 a 20 Kg de DQO/Adt Celulose para Pinus e de 7,5 a 28 kg de DQO/Adt Celulose para Eucalipto. Comparando as taxas de emissões de DQO da Planta Valdivia com os padrões da Europa que são considerados os mais restritivos e referência para o setor de celulose, verifica-se que as taxas de emissões de DQO da Planta Valdivia estão muito inferiores aos padrões adotados pela Europa e recomendados pela European Commission (2015).

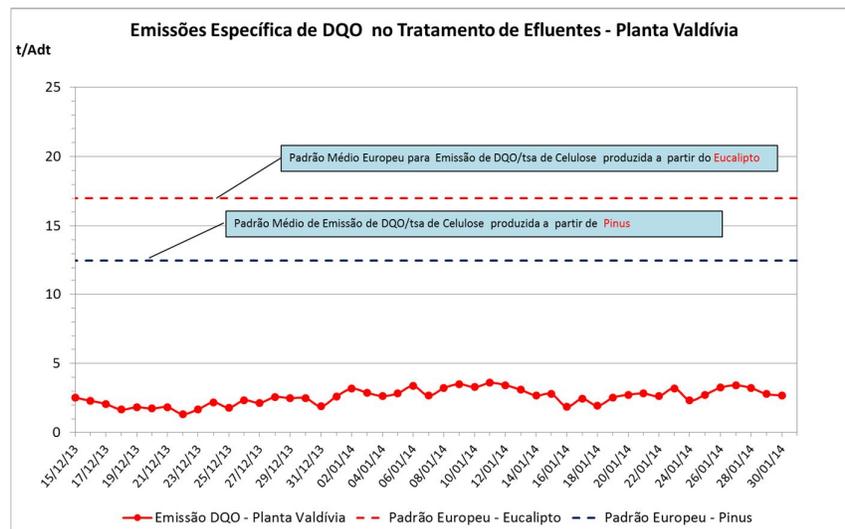


Figura 14. Emissões específicas de DQO/Adt Celulose.

Índice Volumétrico do Lodo – IVL

Os valores do IVL estão apresentados na Figura 15. O índice volumétrico do lodo é uma análise prática realizada em laboratório que verifica o valor da decantabilidade durante um período de

30 minutos. Após o resultado, divide-se este valor pela concentração de sólidos do lodo, determinando dessa forma, o volume ocupado por um grama de lodo. Valores elevados de IVL indicam má decantabilidade do lodo.

Diversos fatores podem ocasionar a elevação do IVL, no entanto o mais comum é o crescimento excessivo das bactérias filamentosas presentes no lodo. Esse crescimento pode ser ocasionado por diversos fatores tais como: deficiência de nutrientes, deficiência de oxigênio dissolvido, excesso de sulfeto no efluente de entrada, presença de ácidos graxos voláteis, presença de compostos de fácil biodegradabilidade, baixa disponibilidade de alimento e outros.

Jenkins et. al (2003) e Von Sperling (1996) citam que o valor ideal para o índice volumétrico o lodo é de 150mL/g. No Brasil é muito comum trabalhar com estações de tratamento de efluentes com o IVL próximo de 300mL/g sem ocasionar problemas no processo. Em geral estações mais frias do ano, o IVL tende a ser menor. Considerando que o período avaliado foi no período de verão entre dezembro de 2013 e janeiro de 2014 valores de IVL de 200mL/g são perfeitamente aceitáveis e adequados para a operação da ETE como um todo.

Observa-se uma pequena elevação do IVL após o dia 17 de janeiro, mas de modo algum se pode afirmar que tais variações são devidas ao efeito do licor verde, uma vez que em período anteriores existiam valores superiores e estas variações que ocorrem nos valores do IVL são perfeitamente aceitáveis do ponto de vista operacional. Outro ponto a se considerar especificamente na Arauco, Valdivia é que esta estação de tratamento de efluentes possui um sistema terciário que caso ocorram perdas de lodo serão removidos pelo sistema terciário.

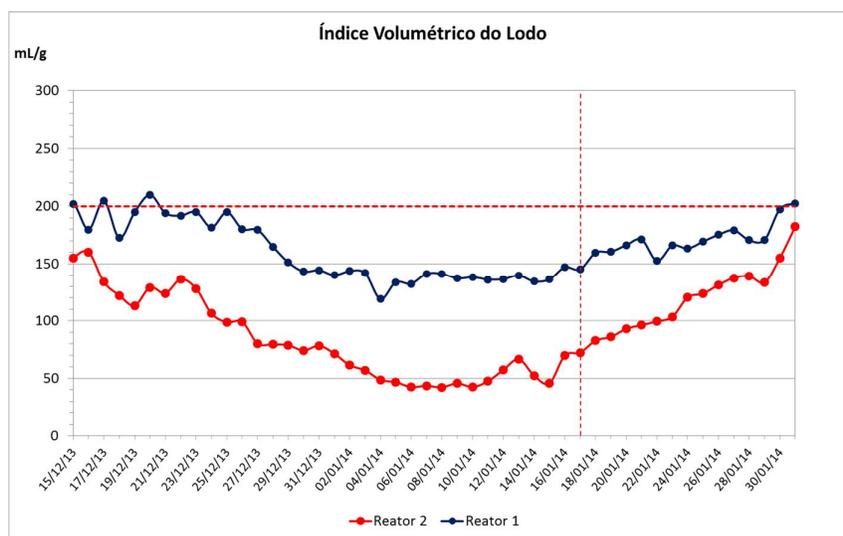


Figura 15. Índice Volumétrico do Lodo, IVL dos reatores da linha 1 e linha 2.

Concentração de nutrientes no interior dos reatores biológicos

O pequeno aumento pontual no dia 17 de janeiro da concentração de N amoniacal no interior do reator (Figura 16) e da concentração de e nitrogênio total no final do reator (Figura 20) não

podem ser atribuídos ao evento do transbordo do licor verde no dia 17, uma vez que pelo tempo de residência determinado para o dia 17 (Figura 2) e o momento em que fora feita a coleta para análise (ANEXO 1) não haveria tempo hábil para que o mesmo tivesse percorrido todo o sistema de tratamento de efluentes.

Em tratamentos de efluentes são comuns a ocorrência dessas variações sem, contudo indicar que há problemas no processo, haja vista que ocorreram variações em outros dias sem que houvessem ocorrido outros distúrbios na planta e na qualidade do efluente tratado. Outro fato que corrobora que este foi um efeito pontual e específico do reator biológico da linha 1, é que o reator biológico da linha 2 comportou de modo inalterado tanto para o nitrogênio quanto para o fósforo (Figura 17 a 19)

A Figura 16 apresenta as concentrações de nitrogênio no interior e no final do reator biológico da linha 1.

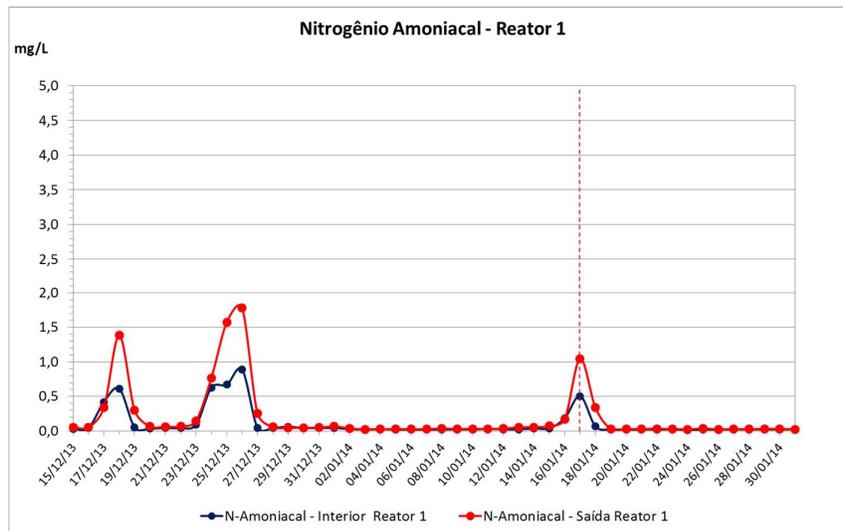


Figura 16. Concentrações de nitrogênio amoniacal solúvel no interior e no final do reator biológico da linha 1.

A Figura 17 apresenta as concentrações de nitrogênio no interior e no final do reator biológico da linha 2.

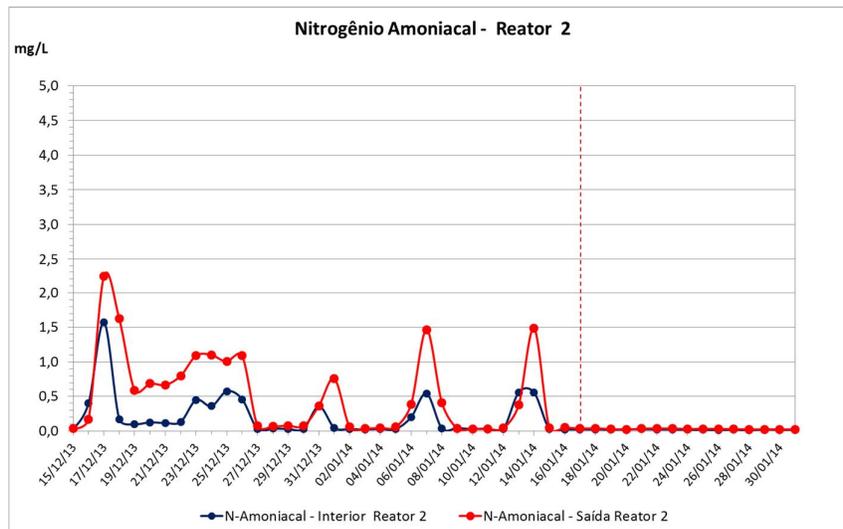


Figura 17. Concentrações de nitrogênio amoniacal solúvel no interior e no final do reator biológico da Linha 2.

A Figura 18 apresenta as concentrações de fósforo no interior e no final do reator biológico da linha 1.

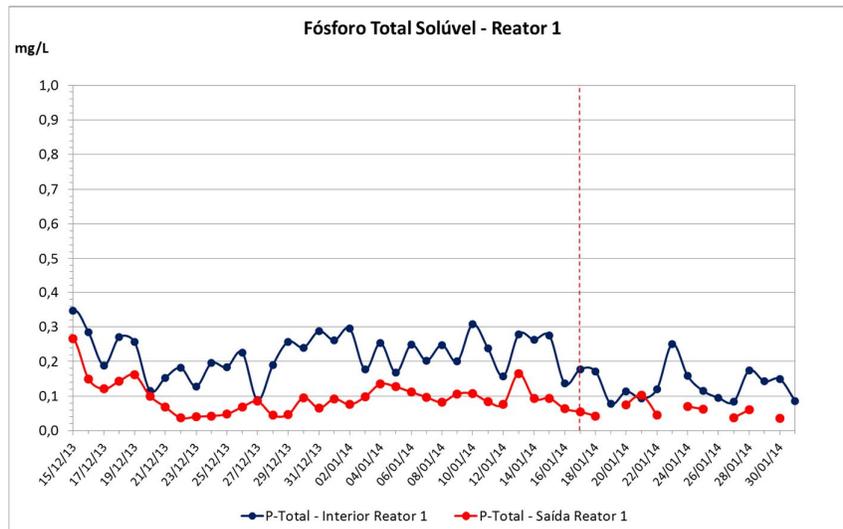


Figura 18. Concentrações de fósforo total solúvel no interior e no final do reator biológico da Linha 1.

A Figura 19 apresenta as concentrações de fósforo no interior e no final do reator biológico da linha 2.

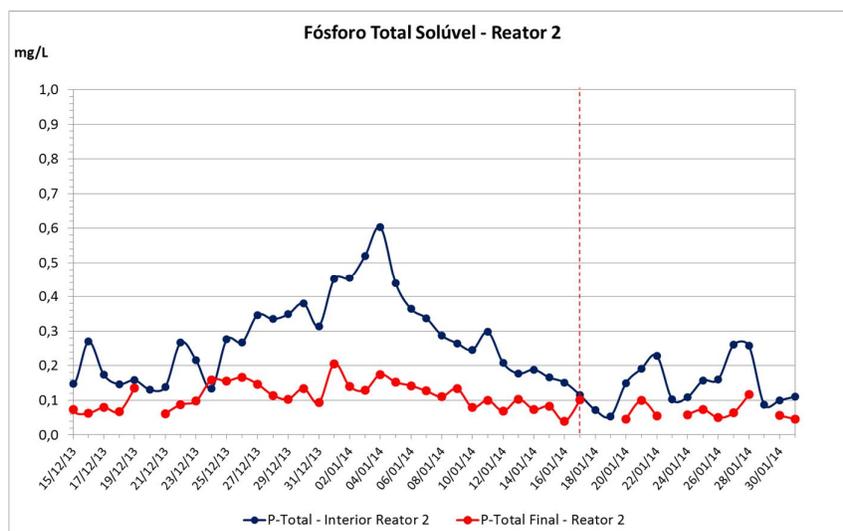


Figura 19. Concentrações de fósforo total solúvel no interior e no final do reator biológico da Linha 2.

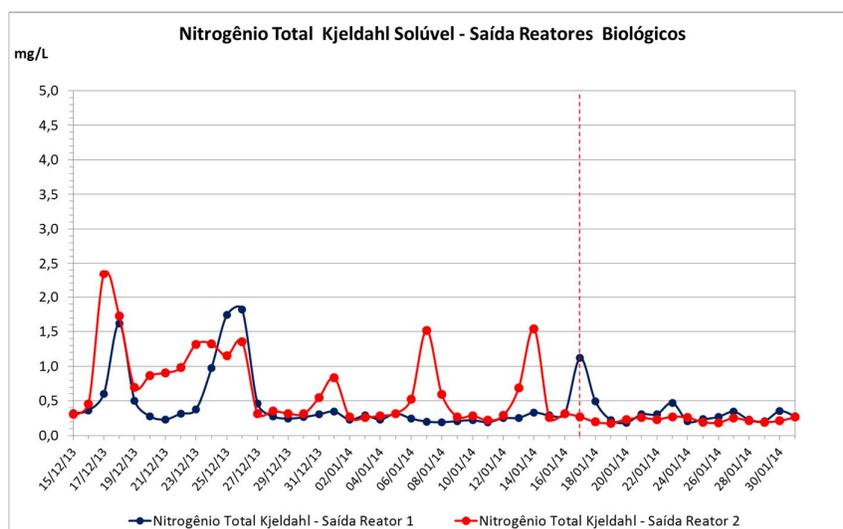


Figura 20. Concentrações de nitrogênio total Kjeldahl solúvel na saída dos reatores biológicos (Linha 1 e 2).

Taxa de Alimento/Microrganismos (A/M)

A taxa de alimento/microrganismos (A/M) mede a concentração de alimento disponível para a comunidade microbiana. Elevadas taxas de alimento propicia um crescimento disperso das bactérias, enquanto que taxas de alimento muito reduzidas proporciona um crescimento das espécies de microrganismos filamentosos. Jenkins et al (2003) recomenda uma taxa de 0,3 a 0,8 kg de DQO/Kg de SST.dia⁻¹.

A Figura 21 apresenta as taxas de Alimento/Microrganismos para os reatores biológicos durante o período avaliado. Praticamente quase todos os dias do período avaliado, as taxas de

A/M estiveram dentro da faixa recomendada, garantindo assim uma taxa de depuração adequada dos compostos orgânicos como um todo e uma floculação ideal.

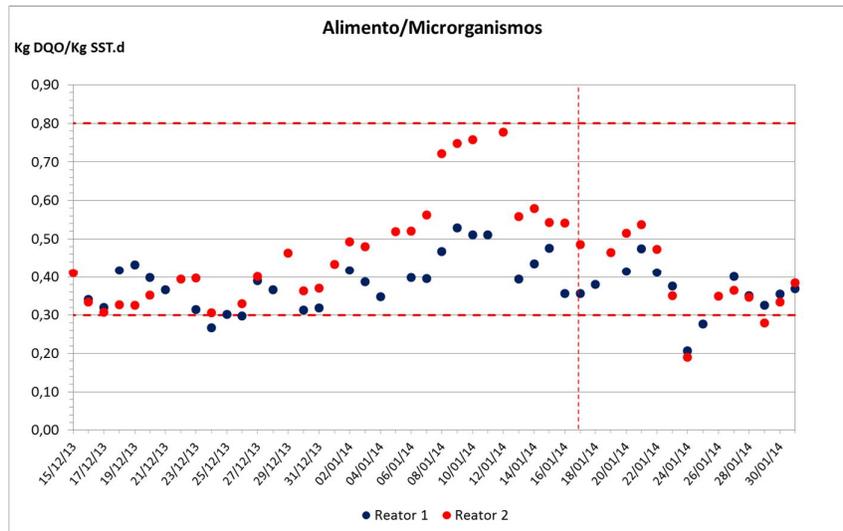


Figura 21. Taxa Alimento/microrganismos nos reatores biológicos.

Condutividade e pH do efluente tratado

Os valores de condutividade e pH dos efluentes tratados estão apresentados na Figura 22. Observa-se que os valores médios diários de condutividade e pH atenderam plenamente a RCA N° 377 que define o valor máximo de 4.000 μ S/cm e 8,5 para condutividade e pH respectivamente. Observa-se que não ocorreu nenhuma variação dos valores de condutividade e dos valores de pH que pudessem ser ocasionado pelo efeito do licor verde na qualidade do efluente tratado.

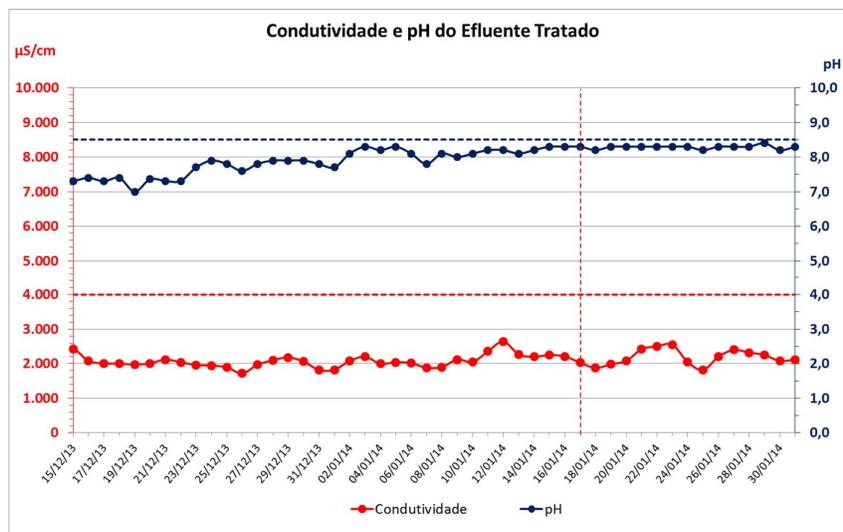


Figura 22. Valores de pH e condutividade no efluente tratado.

Emissões específicas de Nitrogênio

As emissões específicas de Nitrogênio no efluente tratado da Planta Valdivia bem como o padrão de referência europeu definido pela European Commission (2015) estão apresentadas na Figura 23. O padrão europeu define uma emissão de nitrogênio que varia de 0,01 kg N/Adt a 0,4 kg N/Adt celulose. Para o gráfico da Figura 23 definiu-se o valor médio de 0,205kg N/Adt. Observa-se que os valores de emissões de N/Adt da Planta Valdivia estão muito inferiores à média Europeia, o que coloca a Planta Valdivia com um padrão de qualidade muito superior ao padrão europeu para a emissão de nitrogênio no efluente tratado.

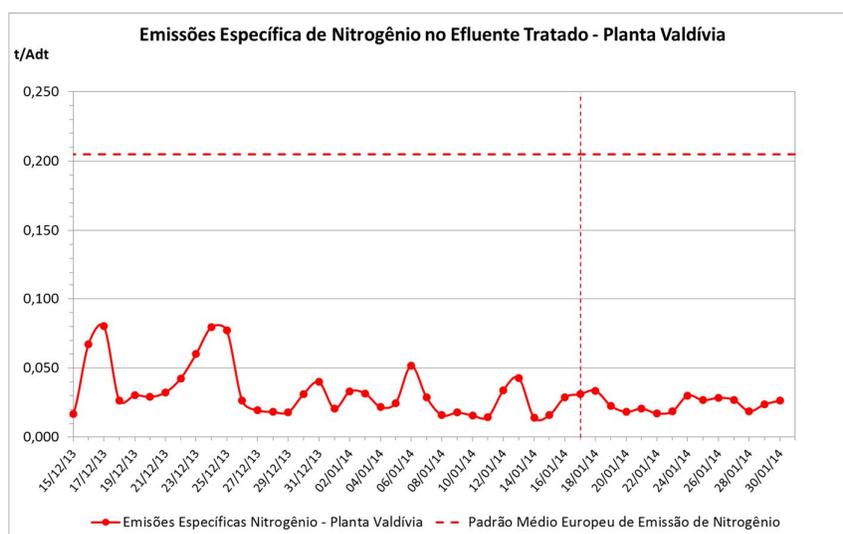


Figura 23. Emissões específicas de Nitrogênio dos efluentes tratados na Planta Valdivia e o padrão médio europeu para fábricas de celulose Kraft branqueada.

Emissões específicas de Fósforo

As emissões específicas de fósforo no efluente tratado da Planta Valdivia bem como o padrão de referência europeu definido pela European Commission (2015) estão apresentadas na Figura 24. O padrão europeu define uma emissão de fósforo que varia de 0,03 Kg PTotal/Adt a 0,08 kg PTotal/Adt celulose. Para o gráfico da Figura 24 definiu-se o valor médio de 0,0415kg N/Adt. Observa-se que os valores de emissões de PTotal/Adt da Planta Valdivia estão muito inferiores ao Padrão Europeu de lançamento de fósforo.

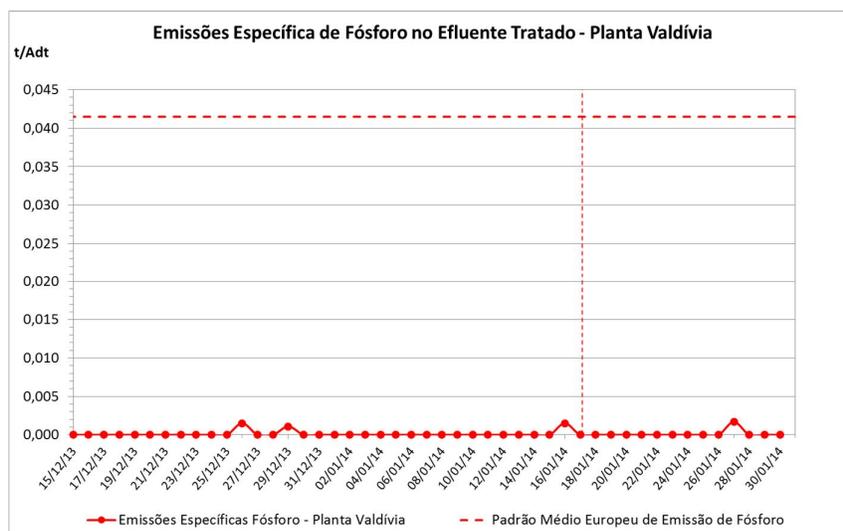


Figura 24. Emissões específicas de Fósforo Total dos efluentes tratados na Planta Valdivia e o padrão europeu para fábricas de celulose Kraft branqueada.

Emissões específicas de Sólidos Suspensos Totais - SST

A Figura 25 apresenta as emissões específicas de SST nos efluentes tratados na Planta Valdivia e o padrão Europeu definido pelo European Commission (2015). O padrão europeu de emissão de SST nos efluentes tratados varia de 0,02 kg SST/Adt a 2,0 kg SST/Adt celulose. Foi considerado o valor médio da emissão europeia de SST de 1,01kg SST/Adt celulose. Observam-se novamente os baixos valores de emissão de SST nos efluentes tratados, confirmando a excelente qualidade dos efluentes tratados na Planta Valdivia.

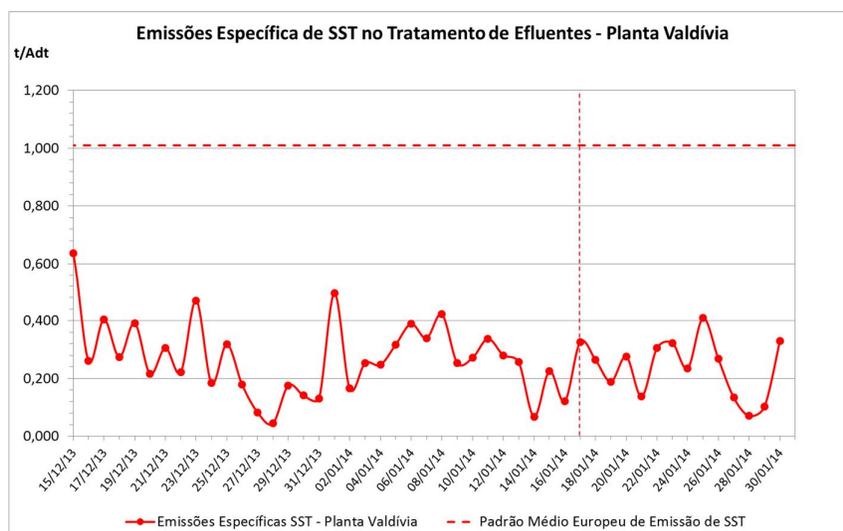


Figura 25. Emissões específicas de SST nos efluentes tratados da Planta Valdivia e o padrão médio europeu para fábricas de celulose Kraft branqueadas.

Comparando os padrões de qualidade dos efluentes tratados pela Planta Valdivia e lançados no Rio Cruces com à Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA 430/2011



do MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2011) que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento dos efluentes em cursos d'águas da Federação Brasileira, conclui-se que todos os padrões da Planta Valdivia se enquadram aos padrões de emissões dos efluentes brasileiros.

Demais parâmetros da qualidade dos efluentes tratados

Todos os demais parâmetros de controle da qualidade dos efluentes tratados avaliados durante o período de 15/12/2013 a 31/01/2014 estão de acordo com os valores definidos na RCA N° 377 de 06/06/05. A planilha de acompanhamento externo da qualidade do efluente tratado está apresentada no ANEXO 2.

Conclusões

Conclui-se que a estação de tratamento de efluentes da Planta Valdivia, Chile, apresentou excelentes resultados de tratabilidade e de qualidade do efluente tratado comparados com os limites máximos de lançamentos estabelecidos pela RCA N° 377 de 06/05/05 durante todo o período avaliado (15/12/2013 a 31/01/2014) não tendo sido impactada negativamente pela entrada de 1,1m³ do licor verde.

O licor verde (Na₂S + Na₂CO₃) não causou impacto nos microrganismos tampouco ocasionou alterações na qualidade dos efluentes tratados devidas principalmente ao volume reduzido de licor verde transbordado (1,1m³) e a alta taxa de diluição com os demais efluentes possibilitando a dissociação e neutralização dos componentes do licor verde durante o tratamento biológico.

Na zona anóxica do tratamento biológico, o Na₂CO₃ foi dissociado em Na e CO₂ e na zona aeróbia o Na₂S foi dissociado em Na e compostos de SO₄ que são utilizados pelas bactérias presentes no sistema eliminando os efeitos negativos para as etapas subsequentes do processo e conseqüentemente para o meio ambiente.

Todos os parâmetros de lançamentos dos efluentes tratados durante o período avaliado atenderam os parâmetros de lançamento definidos pela RCA N° 377 de 06/06/05.

A estação de tratamento de efluentes da Planta Valdivia apresentou no período avaliado, padrões de lançamentos com qualidade superior aos padrões europeus para as melhores fábricas do setor de celulose.

Referências

AQUAFLOW. Operation manual effluent treatment plant– Process Arauco Valdivia Project Chile. Savonlinna, 2003.

EUROPEAN COMISSION. **Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board.** http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/PP_revised_BREF_2015.pdf. 2005. 867p. Página acessada em: 19/02/2016.



JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G. T. **Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming**. Michigan USA: Lewis Publisher, 3 ed., 2003. 190p.

METCALF & EDDY. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4. ed. Metcalf & Eddy, Inc., 2003. 1.540 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE **Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011**. Conselho Nacional de Meio Ambiente Brasil 2011. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Página acessada em: 26/02/2016.

SOUSA, C. A. *Controle do intumescimento filamentosos em um sistema de lodos ativados utilizando seletores biológicos*. Dissertação Mestrado. Viçosa, MG 2002. 81p.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Lodos ativados*. Volume 4. Universidade Federal de Minas Gerais – DESA Belo Horizonte 211 p. 1996b.

ANEXO 1. Boletim de análise pontual (Controle interno da Arauco)

		Análisis Puntual de Efluentes (Control Interno)									
		Tumo									
	PARAMETROS	UNIDAD	Limite	Limite	Noche	Noche	Dia	Dia	Tarde	Tarde	
			RCA	Objetivo	00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00	
Cámara de Neutralización	Cloratos	mg/L	279/98	< 100	17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14	
	Sulfatos	mg/L SO ₄			65,9	79,1	83,6	122,4	17,0	3,96	
	Nitratos	mg/L N-NO ₃									
	Solidos Suspendidos Totales	mg/L									
	Cloruro	mg/L Cl									
	COD (Total)	mg/L									
Selector S1 Reactor	Cloratos	mg/L ClO ₃		< 15	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	
	Nitratos	mg/L N-NO ₃			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Selector S2 Reactor	Cloratos	mg/L ClO ₃		< 15	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	
	Nitratos	mg/L N-NO ₃			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
1/3 Aireación L-1	Nitrógeno Amoniacal Soluble	mg/L ClO ₃		< 0,5	0,86		0,50		0,16		
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0	0,231		0,231		0,070		
1/3 Aireación L-2	Nitrógeno Amoniacal Soluble	mg/L ClO ₃		< 0,5		0,02		0,03		0,02	
	Fósforo Total	mg/L P		<1,0		0,148		0,043		0,155	
Salida Reactores Biológicos 1	Cloratos	mg/L		< 1,5	<0,20		<0,20		<0,20		
	Sulfatos	mg/L SO ₄			378		351		316		
	Nitratos	mg/L N-NO ₃			<0,03		<0,03		<0,03		
	Cloruro	mg/L Cl			245		228		216		
	COD (Total)	mg/L			213		195		192		
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L			5		5		4		
	Color Verdadero (0.45 um)	Pt-Co			253		229		207		
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/l			0,92		1,22		1,22		
	Nitrógeno Amoniacal Soluble	mg/L NH ₄ +N			0,72		1,22		1,20		
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0	<0,025		<0,025		0,055		
Salida Reactores Biológicos 2	Cloratos	mg/L		< 1,5		<0,20		<0,20		<0,20	
	Sulfatos	mg/L SO ₄				349		319		312	
	Nitratos	mg/L N-NO ₃				<0,03		<0,03		<0,03	
	Cloruro	mg/L Cl				226		218		219	
	COD (Total)	mg/L				299		192		170	
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L				14		7		3	
	Color Verdadero (0.45 um)	Pt-Co					230		215		
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/l					0,16		0,17		
	Nitrógeno Amoniacal Soluble	mg/L NH ₄ +N					0,04		0,04		
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0			<0,025		<0,025		
Parshall Salida Efluentes	Cloratos	mg/L ClO ₃	17	13	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	
	Cloruro	mg/L			308	303	281	295	275	299	
	COD (Total)	mg/L	313	250	68	56	53	52	82	63	
	Aluminio Total	mg/L Al		2	0,56	0,66	0,60	0,56	0,59	0,79	
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/l	4,2	3,5	0,96	0,94	1,08	1,02	1,04	0,68	
	Sulfatos	mg/L SO ₄		1000	333	322	291	282	273	285	
	Nitratos	mg/L N-NO ₃			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Fósforo Total	mg/L	0,33	0,3	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,050		



ANEXO 2. Controle externo da qualidade do efluente tratado

Parámetros Mes/Año.		Fecha de Muestreo		RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.																					
				Continuo				8 MP al mes	8 MC al mes																
				Caudal 99.300m ³ /día	pH 6-8.5	pH 6-8.5	T °C : 30	Conduct. (µS/cm) Prom. Semestral	Conduct. (µS/cm) Prom. Diario	Glifosato Fosforé (µM/100m ³)	DBO5 (ppm)	DBO5 (mm/3) Prom. Diario	DBO5 (mm/3) Prom. Semestral	DCO (ppm)	DCO (mm/3) Prom. Diario	DCO (mm/3) Prom. Semestral	S.S.T (ppm)	S.S.T (mm/3) Prom. Diario	S.S.T (mm/3) Prom. Semestral	P Total (ppm)	P Total (mm/3) Prom. Diario	P Total (mm/3) Prom. Semestral	N total (ppm)	N total (mm/3) Prom. Diario	N total (mm/3) Prom. Semestral
Límites RCA	1150 l/s	6	8,5	30	3500	4000	1000	50	2,1	0,9	313	13,5	8,3	50	3,5	2,5	0,33	0,033	0,03	4,2	0,3	0,12	20	8	
dez/13	1 (1)	324,8	6,2	6,6	22,2	1822,1																			
dez/13	2	390,6	6,1	6,7	21,0	1689,7																			
dez/13	3	401,8	6,2	6,5	20,5	1438,3																			
dez/13	4	466,1	6,2	6,7	19,7	1265,9	<2,0																		
dez/13	5	482,4	6,1	6,7	20,1	1314,5	<2,0	<2,0	0,08		83	3,5		9,0	0,4		<0,015	0,001		0,94	0,04			1,79	
dez/13	6	517,8	6,2	6,6	20,3	1109,8		<2,0	0,09		56	2,5		6,7	0,3		<0,015	0,001		0,8	0,04			2,24	
dez/13	7	575,2	6,2	6,9	20,2	946,2																			
dez/13	8	643,2	6,5	7,0	20,6	827,0																			
dez/13	9	671,9	6,5	6,7	24,6	1227,6																			
dez/13	10	619,2	6,6	6,8	27,3	1604,3	<2,0	<2,0	0,11		60	3,2		7,0	0,4		<0,015	0,001		0,56	0,03			2,62	
dez/13	11	655,5	6,5	6,8	27,9	1582,9																			
dez/13	12	686,0	6,6	6,8	28,5	1861,3	<2,0	<2,0	0,12		60	3,6		8,9	0,5		<0,015	0,001		1,01	0,06			1,90	
dez/13	13	596,5	6,5	6,7	27,7	1973,7																			
dez/13	14	571,4	6,6	6,8	27,9	2168,1																			
dez/13	15	560,3	6,5	6,9	28,4	2393,0																			
dez/13	16	577,6	6,6	6,8	28,3	2312,4																			
dez/13	17	552,4	6,7	6,8	28,2	2147,1	<2,0	<2,0	0,10		46	2,2		7,8	0,4		<0,015	0,001		3,62	0,17			1,15	
dez/13	18	583,0	6,6	6,7	28,2	1954,2																			
dez/13	19	616,8	6,6	6,7	27,9	2083,5		<2,0	0,11		30	1,6		5,1	0,3		<0,015	0,001		0,90	0,05			0,75	
dez/13	20	641,2	6,5	6,6	27,6	2071,3	<2,0																		
dez/13	21	583,2	6,6	6,8	27,2	2212,9																			
dez/13	22	580,4	6,5	6,7	27,7	2145,0																			
dez/13	23	592,5	6,5	7,4	27,8	2069,5		<2,0	0,10		38	2,0		5,7	0,3		<0,015	0,001		2,57	0,13			0,97	
dez/13	24	563,2	7,3	7,4	27,9	2059,4	<2,0																		
dez/13	25	529,2	7,3	7,4	27,5	2006,4																			
dez/13	26	623,3	7,1	7,3	27,5	1747,2	<2,0	<2,0	0,11		39	2,1		5,8	0,3		<0,015	0,001		2,47	0,13			0,86	
dez/13	27	616,5	7,2	7,3	28,1	2009,0																			
dez/13	28	608,9	7,3	7,3	28,0	2115,5																			
dez/13	29	556,2	7,3	7,4	28,0	2158,1																			
dez/13	30	620,2	7,3	7,3	28,3	2103,4		<2,0	0,11		43	2,3		5,2	0,3		<0,015	0,001		1,26	0,07			1,18	
dez/13	31	605,5	7,2	7,3	28,0	2230,2	<2,0			0,13			3,10			0,34			0,001						1,83

(1): Desde el día 26/11/13 a las 03:23 hrs. y hasta el día 01/12/13 a las 12:00 hrs. aproximadamente, se dejó de derivar efluente tratado al Río Cruces, debido a la Parada Anual para Mantenimiento, informado mediante 6PV 123/2013-C con fecha 18-11-2013.

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



Superintendencia de Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL
 CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.
 CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.
 Resolución S.I.S.S N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.
 Resolución S.I.S.S N° 1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. S.I.S.S 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.
 Descarga al Río Cruces.
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

4 MC al mes												4 MC al mes												
ACX (mg/l)	ACX (trav/d) Prom. Diario	ACX (trav/d) Prom. Semestral	Cloratos (mg/l)	Cloratos (trav/d) Prom. Diario	Cloratos (trav/d) Prom. Semestral	Sulfato (trav/d) Prom. Diario	Sulfato (trav/d) Prom. Semestral	Cloruro (trav/d) Prom. Diario	Cloruro (trav/d) Prom. Semestral	Al. (trav/d) Prom. Diario	Al. (trav/d) Prom. Semestral	Ac. Resábicos (mg/l)	Ac. Grasos (mg/l)	Clorofenoles(mg/l)	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Cu Total (mg/l)	Cr Total (mg/l)	Fe Disuelto (mg/l)	Hg (mg/l)	Mn (mg/l)	N (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
7,6	0,28	0,15	17	1,2	0,1	60	50	30	24	0,12	0,06	0,033	0,27	0,067	0,001	0,01	0,07	0,05	1,3	0,005	0,05	0,06	0,03	1
	0,02	0,001	<0,03	0,001		19		1		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	0,006	<0,005	0,009	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,010	0,011
	0,82	0,049	<0,03	0,002		37		11		0,06		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,018	<0,0005	<0,006	0,005	<0,010	0,014
	0,55	0,029	<0,03	0,002		36		12		0,03		<0,005	<0,005	<0,051	0,0011	<0,001	<0,005	0,031	0,005	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,010	0,018
	0,61	0,033	<0,03	0,002		20		12		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	<0,003	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,010	0,030
		0,05			0,007		32,4		13,5	0,04														

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL
CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.
CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.
 Resolución SISS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.
 Resolución SISS N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.
 Descarga al Río Cruces.
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS SIN UN VALOR LÍMITE.

Parámetros Mes/Año.	días de Monitoreo	Continuo Caudal 99,360m ³ /día	4MC al mes			1 MC al Trimestre																
			Índice de Fenol	Manganeso	Sodio	Cloro Libre Residual	Sólidos Sedimentables (SSd)	Turbidez	Toxicidad	Dioxina	Fósforo Soluble	Nitratos	Nitritos	N-Amónico	Pentóxido de vanadio	SS Orgánico	SS Inorgánico	SD Orgánico	SD Inorgánico	Nitral-Kjeldahl	N-Orgánico	
Límites RCA		1150 l/s	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/1h	NTU		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
dez/13	1(1)	324,8																				
dez/13	2	390,6																				
dez/13	3	401,8																				
dez/13	4	466,1																				
dez/13	5	482,4																				
dez/13	6	517,8	0,0065	0,235	433																	
dez/13	7	575,2																				
dez/13	8	643,2																				
dez/13	9	671,9																				
dez/13	10	619,2																				
dez/13	11	655,5																				
dez/13	12	686,0	0,0057	0,081	415,5																	
dez/13	13	596,5																				
dez/13	14	571,4																				
dez/13	15	560,3																				
dez/13	16	577,6																				
dez/13	17	552,4																				
dez/13	18	583,0																				
dez/13	19	616,8	0,0041	0,092	473,5																	
dez/13	20	641,2																				
dez/13	21	583,2																				
dez/13	22	580,4																				
dez/13	23	592,6																				
dez/13	24	563,2																				
dez/13	25	529,2																				
dez/13	26	623,3	0,0035	0,081	421																	
dez/13	27	616,5																				
dez/13	28	608,9																				
dez/13	29	556,2																				
dez/13	30	620,2																				
dez/13	31	605,5																				

(1): Desde el día 26/11/13 a las 03:23 hrs. y hasta el día 01/12/13 a las 12:00 hrs. aproximadamente, se dejó de derivar efluente tratado al Río Cruces, debido a la Parada Anual para Mantenimiento, informada mediante 6PV 123/2013-C con fecha 18-11-2013.

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



Superintendencia de
Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL
CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.
CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998
RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.
Resolución S.I.S.S N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.
Resolución S.I.S.S N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. S.I.S.S 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.
Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.
Descarga al Río Cruces.
Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

Parámetros Mes/Año.	días de Monitoreo	Continuo						8 MP al mes	8 MC al mes																
		Caudal 99,360m³/día	pH 6-8,5	pH 6-8,5	T °C ± 30	Conduct. (Us/cm) Prom. Semestral	Conduct. (Us/cm) Prom. Diario	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	DBO5 (mg/l)	DBO5 (ton/d) Prom. Diario	DBO5 (ton/d) Prom. Semestral	DQO (mg/l)	DQO (ton/d) Prom. Diario	DQO (ton/d) Prom. Semestral	S.S.T (mg/l)	S.S.T (ton/d) Prom. Diario	S.S.T (ton/d) Prom. Semestral	P Total (mg/l)	P Total (ton/d) Prom. Diario	P Total (ton/d) Prom. Semestral	N total (mg/l)	N Kjeldahl (ton/d) Prom. Diario	N Kjeldahl (ton/d) Prom. Semestral	Cólor Vendadero(Pt.Co) Prom. Diario	Cólor Vendadero(Pt.Co) Prom. Semestral
Límites RCA		1150 l/s	6	8,5	30	3500	4000	1000	50	2,1	0,9	313	13,5	8,3	50	3,5	2,5	0,33	0,033	0,03	4,2	0,3	0,12	20	8
Jan/14	1	701,6	7,1	7,2	28,1		1791,2																		
Jan/14	2	674,6	7,2	8,2	27,7		2142,5	<2,0	2,7	0,16		56	3,3		8,6	0,5		<0,015	0,001		2,56	0,15		1,98	
Jan/14	3	663,6	8,1	8,2	27,3		2370,0																		
Jan/14	4	664,2	8,0	8,1	27,6		2217,7																		
Jan/14	5	682,4	8,0	8,1	27,8		2082,5																		
Jan/14	6	668,6	8,1	8,2	27,9		2088,8																		
Jan/14	7	658,0	8,1	8,2	27,8		2045,2	<2,0	2,3	0,13		50	2,8		5,3	0,3		<0,015	0,001		1,83	0,07		1,99	
Jan/14	8	696,8	8,1	8,1	27,9		1923,2																		
Jan/14	9	719,7	8,1	8,1	27,9		2103,2		2,9	0,18		72	4,5		7,9	0,5		<0,015	0,001		1,65	0,10		2,98	
Jan/14	10	713,1	8,0	8,0	27,5		2072,6	<2,0																	
Jan/14	11	695,5	8,0	8,1	27,8		2253,7																		
Jan/14	12	676,4	8,0	8,1	28,2		2491,6																		
Jan/14	13	642,0	8,0	8,1	28,3		2447,2																		
Jan/14	14	670,5	8,0	8,1	28,2		2218,5	<2,0	3,0	0,17		78	4,5		7,4	0,4		<0,015	0,001		2,38	0,13		2,90	
Jan/14	15	687,1	7,9	8,1	28,3		2309,4																		
Jan/14	16	659,9	7,9	7,9	28,1		2346,3	<2,0	<2,0	0,11		60	3,4		6,4	0,4		<0,015	0,001		2,89	0,12		1,94	
Jan/14	17	627,3	7,9	8,0	28,0		2093,0																		
Jan/14	18	608,0	7,8	7,9	28,5		1971,6																		
Jan/14	19	705,2	7,9	8,0	28,2		2005,3																		
Jan/14	20	696,3	7,8	8,0	27,8		2068,9																		
Jan/14	21	647,8	8,0	8,0	28,0		2326,3	<2,0	3,2	0,18		77	4,3		6,8	0,4		<0,015	0,001		2,62	0,14		3,36	
Jan/14	22	661,7	8,0	8,0	27,6		2538,4																		
Jan/14	23	655,9	8,0	8,0	27,3		2594,0	<2,0	<2,0	0,11		83	4,7		6,5	0,4		<0,015	0,001		2,07	0,12		2,66	
Jan/14	24	594,3	7,9	8,0	26,6		2325,4																		
Jan/14	25	595,8	7,7	7,9	26,6		1826,9																		
Jan/14	26	641,7	7,8	8,0	28,0		2092,0																		
Jan/14	27	674,7	8,0	8,0	28,7		2419,9																		
Jan/14	28	649,5	8,0	8,1	28,7		2417,3	<2,0	<2,0	0,11		90	5,1		9,1	0,5		<0,015	0,001		2,38	0,13		2,69	
Jan/14	29	644,0	7,9	8,0	28,4		2312,8																		
Jan/14	30	656,4	7,9	8,0	28,3		2175,9	<2,0	3,5	0,20		63	3,6		9,4	0,5		<0,015	0,001		2,90	0,16		1,87	
Jan/14	31	605,5	7,2	7,3	28,0		1903,0																		

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



Superintendencia de Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL
 CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.
 CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.
 Resolución S.I.S.S N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.
 Resolución S.I.S.S N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. S.I.S.S 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia , X Región de los Lagos.
 Descarga al Río Cruces.
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

4 MC al mes												4 MC al mes												
ADK (mg/l)	ADK (trav/d) Prom. Diario	ADK (trav/d) Prom. Semestral	Cloratos (mg/l)	Cloratos (trav/d) Prom. Diario	Cloratos (trav/d) Prom. Semestral	Sulfato (trav/d) Prom. Diario	Sulfato (trav/d) Prom. Semestral	Cloruro (trav/d) Prom. Diario	Cloruro (trav/d) Prom. Semestral	Al. (trav/d) Prom. Diario	Al. (trav/d) Prom. Semestral	Ac. Resínicos (mg/l)	Ac. Grasos (mg/l)	Clorofenoles(mg/l)	As (mg/l)	Cl (mg/l)	Cl Total (mg/l)	C- Total. (mg/l)	Fe Disuelto (mg/l)	Hg (mg/l)	Mn (mg/l)	N (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
7,6	0,28	0,15	17	1,2	0,1	60	50	30	24	0,12	0,06	0,033	0,27	0,067	0,001	0,01	0,07	0,05	1,3	0,005	0,05	0,06	0,03	1
0,88	0,05		<0,03	0,002		22		16		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	0,0009	<0,001	<0,005	<0,005	0,009	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,006
1,20	0,08		1,04	0,065		23		18		0,03		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	0,005	<0,005	0,016	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,005
0,97	0,06		<0,03	0,002		20		17		0,02		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,007	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,003
1,40	0,08		<0,03	0,002		24		18		0,03		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,012	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	<0,001
1,10	0,06		<0,03	0,002		21		14		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,012	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,005

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



**NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL
CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.
CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)**

RCA N° 279 del 30.10.1998
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.
 Resolución SISS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.
 Resolución SISS N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia , X Región de los Lagos.
 Descarga al Río Cruces
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETOS SIN UN VALOR LÍMITE.																					
Parámetros Mes/Año.	días de Monitoreo	Continuo			4MC al mes				1 MC al Trimestre												
		Caudal 99,360m ³ /día	Índice de Fecal	Manganeso	Sodio	Color Libre Residual	Sólidos Sedimentables (SSd)	Turbidez	Toxicidad	Dioxina	Fósforo Soluble	Nitrosos	Nitritos	N-Amónico	Pentaclorofenol	SS Orgánico	SS Inorgánico	SD Orgánico	SD Inorgánico	Ntotal-Kjeldahl	N-Orgánico
		Límites RCA	1150 l/s	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/1h	NTU		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
jan/14	1	701,6																			
jan/14	2	674,6	0,0066	0,105	474																
jan/14	3	663,6																			
jan/14	4	664,2																			
jan/14	5	682,4																			
jan/14	6	668,6																			
jan/14	7	658,0																			
jan/14	8	696,8																			
jan/14	9	719,7	0,0050	0,088	421	<0,02	<0,1	9,0	ND	2,05E-09	<0,015	0,039	<0,005	0,05	<0,00002	5,7	2,2	150,0	1184,0	1,63	1,60
jan/14	10	713,1																			
jan/14	11	695,5																			
jan/14	12	676,4																			
jan/14	13	642,0																			
jan/14	14	670,5																			
jan/14	15	687,1																			
jan/14	16	659,9	0,0053	0,061	451																
jan/14	17	627,3																			
jan/14	18	608,0																			
jan/14	19	705,2																			
jan/14	20	696,3																			
jan/14	21	647,8																			
jan/14	22	661,7																			
jan/14	23	655,9	0,0059	0,112	541																
jan/14	24	594,3																			
jan/14	25	595,8																			
jan/14	26	641,7																			
jan/14	27	674,7																			
jan/14	28	649,5																			
jan/14	29	644,0																			
jan/14	30	656,4	0,0053	0,111	425																
jan/14	31	605,5																			

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



Evaluación técnica de la planta de tratamiento de efluente (PTE) de ARAUCO – Valdivia/Chile

DSc. Cláudio Arcanjo de Sousa

**Preparado para:
Celulosa Arauco y Constitución S.A.
Planta Valdivia – Chile**



Sumario

Introducción	1
Unidades operacionales de la Planta de Tratamiento de efluentes	1
Objetivos	4
Metodología	4
Descripción del proceso de generación y descomposición de licor verde	5
Origen y disociación del licor verde	5
Evaluación de los parámetros operativos	6
Tiempo de detención hidráulica (TDH) del efluente en el tratamiento secundario y terciario	7
Conductividad de los Efluentes: General (Alcalino), Bajo Sólido (Ácido) y tanque de neutralización	7
pH del Efluente general, efluente bajo sólido y tanque de neutralización	8
Temperatura en la salida de las torres de enfriamiento/entrada de los reactores biológicos	10
Potencial Redox en las cámaras Anóxicas	11
Concentraciones y carga de DQO en la entrada de los reactores	12
Concentración de DQO en los reactores	13
Eficiencia de remoción de DQO	14
Índice Volumétrico del Lodo – IVL	16
Concentración de nutrientes en el interior de los reactores biológicos	18
Tasa de Alimento/Microorganismos (A/M).....	20
Conductividad y pH del efluente tratado	21
Emisiones específicas de Nitrógeno.....	22
Emisiones específicas de Fósforo.....	22
Emisiones específicas de Sólidos Suspensos Totales - SST	23
Demás parámetros de la calidad de los efluentes tratados	24
Conclusiones	24
Referencias	24
ANEXO 1. Boletín de análisis puntual (Control interno de la Arauco)	26
ANEXO 2. Control externo de la calidad del efluente tratado	27



Introducción

Arauco, Valdivia – Chile es una fábrica de celulosa Kraft blanqueada de Eucalipto y Pino localizada en la Ruta 5 - Sur, Km 788, Sector Rucaco, ciudad de San José de La Mariquina, provincia de Valdivia a la orilla del Río Cruces.

La principal materia prima utilizada por Arauco, Valdivia para la producción es madera de *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*, ambos cultivados en la Región de los Ríos, en la Provincia de Valdivia. Además de las materias primas ya citadas son utilizados diversos insumos, entre ellos, agua, energía eléctrica, vapor, agentes químicos de cocción y blanqueo de la celulosa, entre otros.

Actualmente la producción anual de celulosa de la Planta Valdivia es de 550.000 tsa¹ distribuidas entre pino y eucalipto. El volumen de agua captada a diario en el Río Cruces es de aproximadamente 3.000 m³/hora y la generación media de efluente es de 2.500 m³/h.

Durante el proceso industrial son producidos diversos tipos de efluentes que son recolectados en las diversas áreas y conducidos hacia una planta de tratamiento de efluentes por lodos activados donde los mismos son sometidos a diversos tratamientos tales como: tratamiento preliminar para remoción de los sólidos gruesos, tratamiento primario para remoción de los sólidos sedimentables, tratamiento secundario para remoción de la materia orgánica disuelta y coloidal, y tratamiento terciario para remoción de color. Tras las etapas de tratamientos físicos, químicos y biológicos, los efluentes tratados son conducidos al Río Cruces y diluidos subsuperficialmente a través de difusores.

El presente reporte técnico tiene como principal objetivo evaluar la eficiencia y la capacidad de tratamiento de efluente de la planta de tratamiento de efluentes industriales durante la recepción de licor verde ocurrida el día 17 de enero de 2014.

Unidades operacionales de la Planta de Tratamiento de efluentes

La planta de tratamiento de efluentes industriales de Arauco, Valdivia está compuesta de tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario, emisor y laguna de vertidos (derrames).

Un croquis simplificado de las unidades de tratamiento se presenta en la Figura 1.

¹ tsa: toneladas secas al aire

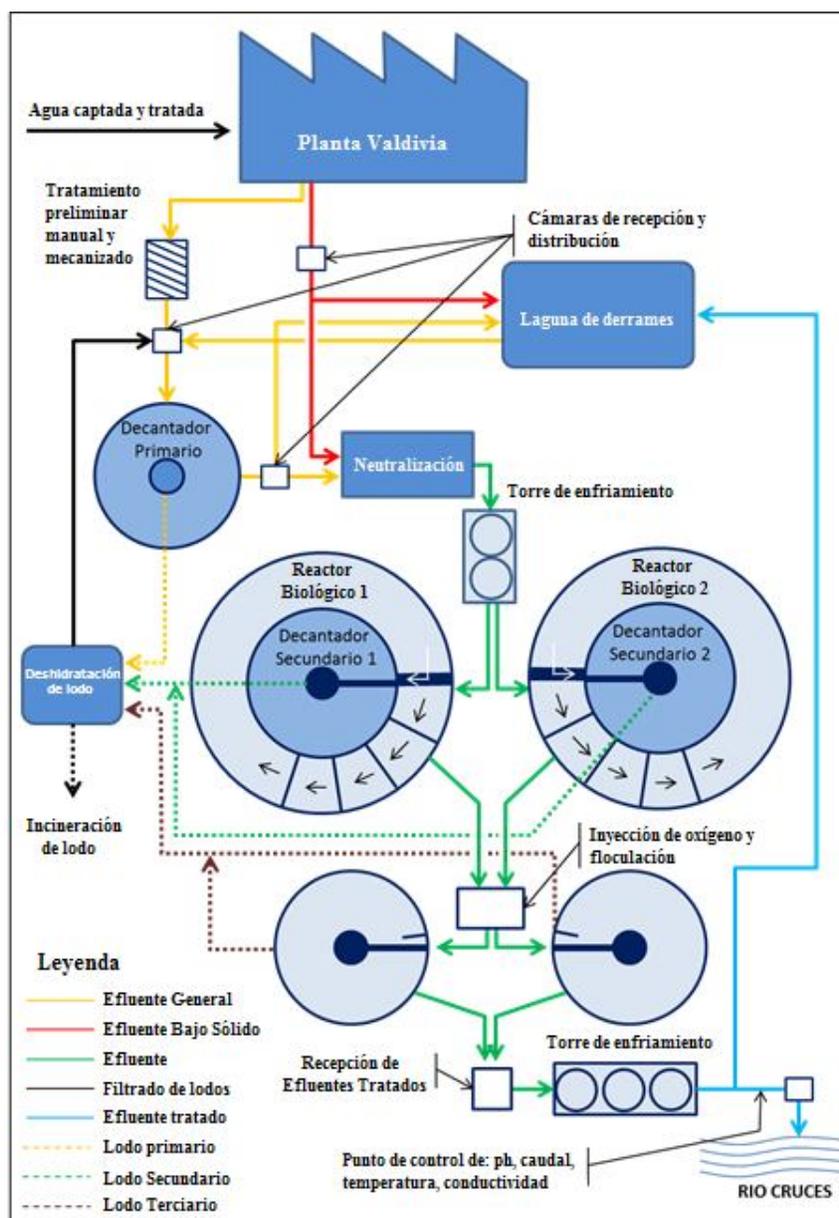


Figura 1. Croquis simplificado de la Planta de Tratamiento de Efluentes – Arauco-Valdivia

Las principales dimensiones de las unidades operativas de la PTE² con sus respectivas dimensiones/capacidades utilizadas en este reporte están presentadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Principales Unidades Operativas y sus respectivas dimensiones y capacidades³

Unidad Operativa/Descripción	Dimensión/Capacidad
Pre rejilla manual	Cantidad: 1

² PTE: Planta de Tratamiento de Efluentes.

³ Todos los datos de proyecto fueron suministrados por el proveedor de los equipamientos.



Unidad Operativa/Descripción	Dimensión/Capacidad
	Espaciamiento entre rejillas: 4 cm
Pre tratamiento mecanizado	Cantidad: 1 Ancho: 1,8 m Altura: 1,8 m Espaciamiento entre rejillas: 1,5 cm Capacidad: 1.890 m ³ /h
Clarificador primario	Cantidad: 1 Diámetro: 40 m Altura: 4 m Volumen 5.027 m ³ Tiempo de Detención Hidráulica (TDH): 3,5 h Tasa de aplicación Hidráulica (TAH): 0,7 m/h
Estanque de neutralización	Cantidad: 1 Volumen 133 m ³ Mezclador hiperbólico: 1 Sistema de muestreo: 1
Torre de enfriamiento	Cantidad: 1 Caudal de proyecto: 2.700 m ³ /h Temp. ingreso efluente: 69°C (máx.) Temp. salida efluente: 29 °C Número de células: 02 células Diámetro del ventilador: 7.300 mm
Laguna de derrames	Cantidad: 1 Volumen Total: 130.000 m ³ Nivel máximo operativo⁴: 90% Volumen máximo operativo: 117.000 m ³
Reactor biológico	Cantidad: 2 en paralelo Volumen total de cada reactor: 25.400 m ³ Volumen total de reacción del sistema: 50.800 m ³ MBP⁵: 3.750m ³ /Reactor Zona Anóxica: 3.000m ³ /Reactor Selector 1: 1.300m ³ /Reactor Selector 2: 1.300m ³ /Reactor Tanque de Aireación flujo pist.: 15.650 m ³ /Reactor
Sistema de Aireación	Cantidad total: 29 unidades/reactor Compresor: 4 compresores/reactor Capacidad de los compresores: 7.400Nm ³ /h
Decantador Secundario	Cantidades: 02 unidades

⁴ Nivel máximo determinado por el Órgano Ambiental de Operación de la Unidad Industrial.

⁵ MBP - Minimal Biosludge Production (producción mínima de lodo biológico).



Unidad Operativa/Descripción	Dimensión/Capacidad
	Diámetro: 52 m Altura: 4,1 m Volumen 8.707m ³ /Línea TDH: 6,40 h TAH: 0,56 m/h Tasa de Aplicación de Sólido (TAS): 4,45 Kg/m ² .d ⁻¹
Tratamiento terciario - Flotación	Anchura: 20,5 m Altura útil: 1,8 m Área útil: 267 m ² Volumen útil: 162 m ³ Caudal de proyecto: 1.350m ³ /h TAH: 5,1m ³ /m ² .h
Sistema de desaguamiento del lodo	Caudal: 175m ³ /h Consistencia: <25% Capacidad operativa: 10t/d

De acuerdo con Metcalf y Eddy (2003), las dimensiones y las capacidades de las unidades operativas de la planta de tratamiento de efluentes industriales están dentro de los estándares recomendados para este tipo de tratamiento, por tanto, la PTE tiene capacidad instalada suficiente para tratar de forma adecuada todos los efluentes industriales de la Planta Valdivia-Chile.

Objetivos

El presente reporte técnico tiene como principal objetivo evaluar el desempeño y la capacidad de tratamiento de efluentes de la planta de tratamiento de efluentes industriales durante y después de la parada "trip" de la caldera de recuperación con el subsiguiente envío de licor verde para la PTE ocurrido en el día 17 de enero de 2014.

Analizar el destino del licor verde durante los tratamientos físico-químicos y biológicos realizados en la PTE de la planta Valdivia – Chile.

Metodología

Todos los datos utilizados para el desarrollo de este trabajo fueron suministrados por la Celulosa Arauco y Constitución S.A., Valdivia – Chile.

Todos los datos fueron obtenidos a través del Sistema Supervisor "Aspen Process Explorer V8.4 – IP.21" de Arauco y a través de informes internos de monitoreo. Debido al tiempo de residencia total que los efluentes permanecen en el sistema (Figura 2) fueron utilizadas las medias diarias de todos los parámetros evaluados.



Se efectuó además una visita a la planta de tratamiento de efluentes para conocer las instalaciones y las prácticas operativas de control para ilustrar mejor la elaboración de este reporte. También fue visitado el punto de descarga de los efluentes tratados en el Río Cruces.

Descripción del proceso de generación y descomposición de licor verde

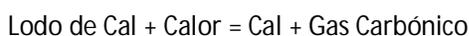
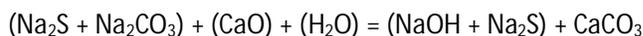
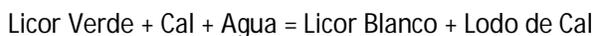
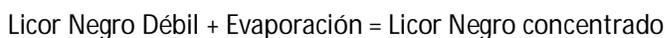
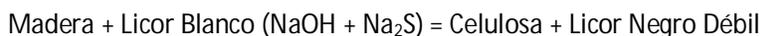
Origen y disociación del licor verde

Tras la cocción de la madera con licor blanco (Na_2S y NaOH), la pulpa de celulosa sigue hacia la etapa de blanqueo y el licor blanco de cocción se transforma en licor negro débil que será concentrado en la sección de evaporación originando el licor negro concentrado.

Este licor negro concentrado es previamente calentado y mezclado con las cenizas de los precipitadores y posteriormente es bombeado para el interior de la caldera, donde inicia su combustión.

En la combustión de la materia orgánica (principalmente lignina originaria de la cocción) es producido calor y el vapor generado es utilizado en todo el proceso de fabricación de la celulosa y generación de energía eléctrica. La materia inorgánica (reactivos químicos) se funde por efecto del calor y el fundido (*smelt*) es recogido por el fondo de la caldera, siendo a continuación conducidos al estanque disolvedor de fundido.

De la solubilización del fundido con licor verde débil proveniente de la caustificación, resulta en licor verde, que toma este color debido a las sales ferrosas formadas. Este licor verde es rico en carbonato de sodio (Na_2CO_3) y sulfuro de sodio (Na_2S). Este licor verde cuando se le añade cal (CaO) más agua (H_2O) formará el licor blanco ($\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$) de cocción más el lodo de cal que tras el proceso de calcinación formará la cal (CaO) que será nuevamente añadida al licor verde y el ciclo del proceso continúa. La ecuación de la generación del licor verde es presentada abajo.



Es importante mencionar que el licor verde ($\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$) durante el tratamiento de efluentes en la zona anóxica será convertido en Na y CO_2 debido a que las bacterias utilizan el



CO_3^- como aceptador final de electrones liberando el CO_2 y durante el tratamiento en la zona aeróbica el Na_2S será disociado en Na^+ y HS^- que debido a la condición aeróbica es convertido en SO_4^{2-} y que son utilizados por las bacterias presentes en el sistema, eliminando completamente cualquier efecto negativo para las etapas subsiguientes y para el medio ambiente.

Una forma práctica de medir las concentraciones de los diversos compuestos resultantes de la depuración del licor (Na^+ y SO_4^{2-}) y demás iones es a través de la utilización de medidores *on-line* de conductividad en el efluente tratado. Esos equipamientos están instalados en la salida de los efluentes tratados de la PTE de la Planta Valdivia y será discutido más adelante.

Evaluación de los parámetros operativos

Para evaluar los parámetros operativos de la planta de tratamiento de efluentes y los efectos del licor verde sobre estos parámetros fue necesario evaluar un periodo mayor al periodo de la ocurrencia del *trip* caldera de recuperación para verificar como se estaba comportando todo el sistema y como el envío de licor verde debido al *trip* en la caldera de recuperación en el día 17 de enero impactó la operación de la PTE y sus efectos sobre la calidad de los efluentes tratados. De esa forma, para mejor elucidación de los parámetros operativos fueron evaluados los principales parámetros operativos de la PTE en el periodo comprendido entre 15/12/2013 hasta 01/02/2014.

Considerando que el licor verde está compuesto básicamente de $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ y que el aumento en el flujo de este licor verde en el efluente general impacta principalmente los valores de pH y conductividad y considerando que las alteraciones de pH y conductividad podrían causar impactos de calidad de la biota, con reducción en la eficiencia de remoción de materia orgánica, sobretodo DQO, se eligieron los siguientes parámetros operativos para determinar si el volumen de licor verde de $1,1\text{m}^3$ y conducido a la PTE causó algún efecto negativo al sistema y consecuentemente alterando la calidad del efluente tratado.

Los principales parámetros evaluados fueron:

- Tiempo de detención hidráulica de los efluentes
- Conductividad de los efluentes general (alcalino), efluente bajo sólido (ácidos) y tanque de neutralización
- Conductividad de los efluentes general (alcalino), efluente bajo sólido (ácidos) y tanque de neutralización
- Temperatura en la salida de las torres de enfriamiento/entrada de los reactores biológicos
- Potencial redox en las cámaras anóxicas
- Concentración y carga de DQO en la entrada de los reactores
- Concentración de DQO en los reactores
- Eficiencia de remoción de DQO
- Índice volumétrico del lodo – IVL

- Concentración de nutrientes en el interior de los reactores biológicos
- Tasa Alimento/Microorganismos (A/M) en los reactores biológicos

Tiempo de detención hidráulica (TDH) del efluente en el tratamiento secundario y terciario

El tiempo de detención hidráulica de los efluentes en el sistema tiene la función de determinar cuál el tiempo en que los efluentes quedarán en el sistema, o sea, después de cuánto tiempo de llegar el efluente a la PTE, estará saliendo del sistema.

El TDH para cada unidad y el TDH total se presentan en la Figura 2.

Observación: Considerándose que los mayores efectos podrán ocurrir en el tratamiento biológico y terciario, fueron considerados los TDH's de esos dos tratamientos excluyéndose el tratamiento preliminar y primario.

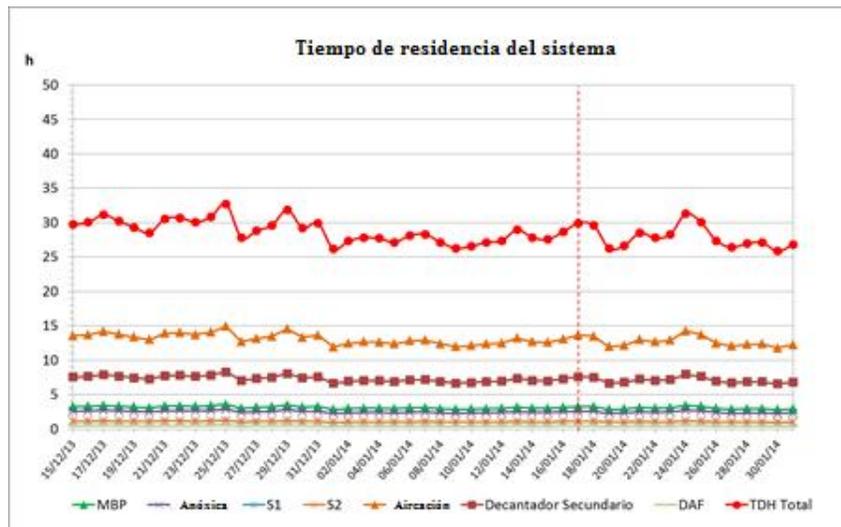


Figura 2. Tiempo de detención hidráulica del sistema.

Se observa que el TDH medio sin considerar el tratamiento preliminar y el tratamiento primario fue superior a un día, demostrando que el tiempo de permanencia del efluente en el sistema fue suficiente para depurar las cargas orgánicas y está de acuerdo con el establecido por el proveedor de la planta (AQUAFLOW, 2003).

Conductividad de los Efluentes: General (Alcalino), Bajos Sólidos (Ácido) y estanque de neutralización

Los datos de la conductividad de los efluentes General, bajos sólidos y estanque de neutralización están presentados en la Figura 3.

La concentración de iones es directamente proporcional al valor de la conductividad, o sea, en la medida en que ocurre el aumento de los iones en el medio, ocurre también el aumento de la conductividad (METCALF & EDDY, 2003). Jenkins, et al (2003) cita que el exceso y el tipo de

iones interfieren en la floculación de la biota perjudicando la formación de los flóculos. De una manera general, para la adecuada operación de los tratamientos biológicos, se recomienda el valor máximo de la media diaria de 3.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo que garantizará que la biota crezca y flocele de modo adecuado.

Generalmente el sistema de tratamiento biológico aumenta la concentración de conductividad (SOUSA 2007) y considerando que la Planta Valdivia existe una condicionante que determina que el límite máximo de conductividad a ser descargado en el Río Cruces debe ser menor que 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y considerando que hasta 3.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ocurre una buena floculación, fue definido el límite de 3.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ como límite máximo recomendado para los valores de conductividad en el estanque de neutralización, localizado antes de los reactores biológicos.

Debido a que los efluentes de bajos sólidos son generados en las secuencias de blanqueo, estos poseen conductividad ligeramente elevada comparada con el efluente general. Eso ocurre porque en el blanqueo se utilizan agentes químicos de blanqueo y de blanqueador de la pulpa confiriendo así mayor carga de conductividad a los mismos.

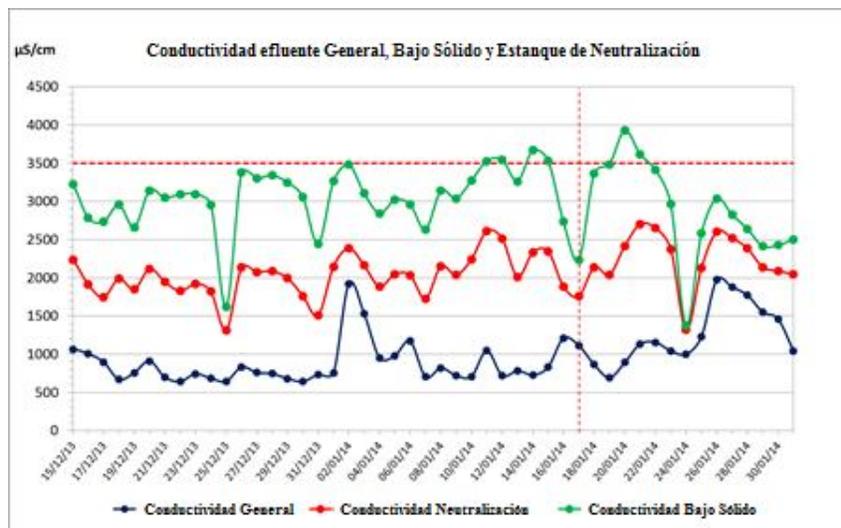


Figura 3. Conductividad de los efluentes general, efluente bajo sólido y estanque de neutralización.

Después de la mezcla, entre el efluente general y el efluente bajo sólido, se produce un efluente con características ideales de conductividad y pH (Figura 4) para su tratamiento. De un modo general, los valores de conductividad verificados en los efluentes de la fábrica de celulosa de Arauco, Valdivia son siempre inferiores a los valores recomendados, garantizando así una condición adecuada para el tratamiento biológico de los efluentes.

pH del Efluente general, efluente de bajos sólidos y estanque de neutralización

El pH ejerce un papel importante para el tratamiento biológico, sobre todo en el crecimiento biológico, pues todos los procesos metabólicos que ocurren durante el tratamiento biológico

son dependientes del pH. Los valores de pH del efluente general, efluente de bajos sólidos y del estanque de neutralización están presentados en la Figura 4.

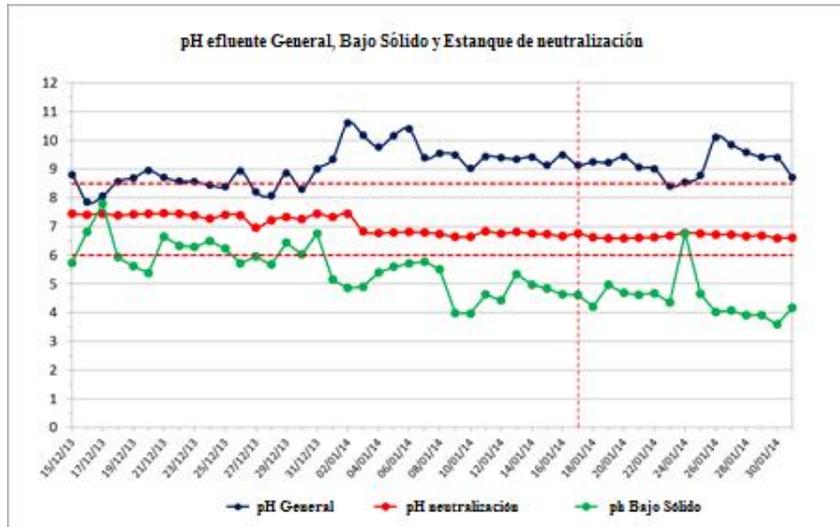


Figura 4. pH del efluente general, efluente bajo sólido y estanque de neutralización.

Variaciones de pH en la entrada de los reactores biológicos ocasionan grandes disturbios en el proceso acarreado, reducción del crecimiento, desfloculación del lodo y pérdida de la eficiencia de la planta para retirar las cargas orgánicas de los efluentes, principalmente DBO y DQO (GRADY 1999).

Muchas bacterias no toleran valores de pH sobre 9,5 o bajo de 4,0. Generalmente el pH óptimo de crecimiento está entre 6,5 y 7,5. No obstante, existen algunas especies de *archaea-bactérias* que pueden crecer en condiciones extremas de temperatura, pH y conductividad (METCALF & EDDY, 2003). Para operación de plantas de tratamiento de efluentes se recomienda valores de pH variando entre 6,0 hasta 8,5, garantizando así la estabilidad de los procesos bioquímicos del tratamiento biológico de efluentes, que está de acuerdo al manual del proveedor de la PTE AQUAFLOW (2003).

Esas pequeñas variaciones de pH dentro del rango recomendado son totalmente tamponadas por el tratamiento biológico, una vez que el mismo adecúa los valores de pH para atender las demandas fisiológicas. La Figura 6 presenta los valores de pH en la cámara de neutralización y en el interior de los reactores biológicos. Se observa el perfecto ajuste del pH dentro del reactor para la neutralidad (pH 7,0) independiente de los valores que entraron.

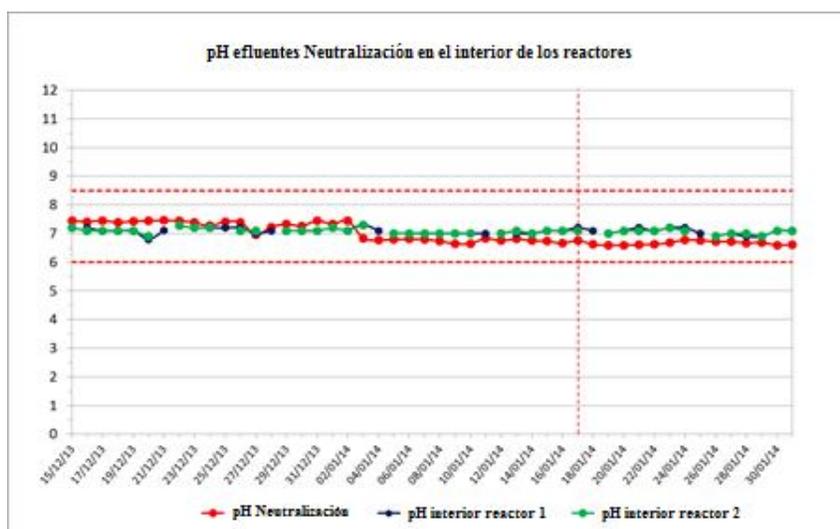


Figura 5. Valores de pH en el estanque de neutralización en el interior de los reactores biológicos.

Por los valores de conductividad del estanque de neutralización en la Figura 3 y 4, se verifica que el estanque de neutralización ha funcionado perfectamente para la neutralización y homogeneización, tanto del pH como de la conductividad.

Otro factor muy importante que se puede verificar es que el pH en el interior del reactor biológico se mantuvo completamente estable durante todo el período, confirmando que la biota no sufrirá impactos con las cargas de licor verde ocurridas el día 17 de enero de 2014.

Temperatura en la salida de las torres de enfriamiento/entrada de los reactores biológicos

Los valores de temperatura en la salida de las células de la torre de enfriamiento antes del tratamiento biológico están presentados en la Figura 6.

El rango de temperatura óptimo para el perfecto desempeño de los microorganismos que son responsables por el tratamiento de efluentes está entre 30 y 35°C (METCALF & EDDY, 2003).

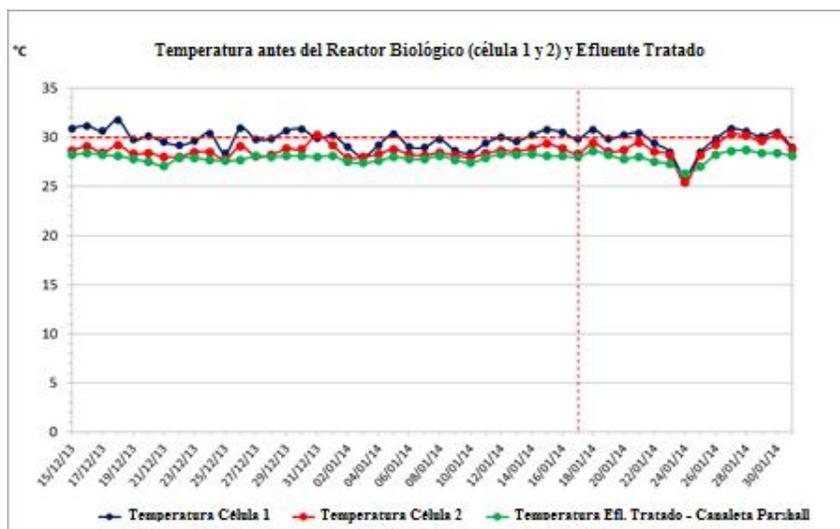


Figura 6. Temperatura en la salida de la torre de enfriamiento (Célula 1 y 2) antes del reactor biológico y efluente tratado (Canaleta Parshall).

Potencial Redox en las cámaras Anóxicas

El potencial Redox cuantifica indirectamente la existencia de agentes oxidantes o reductores en un medio líquido. Es un análisis muy sensible y eficiente para el monitoreo de los agentes oxidantes o reductores en el medio. De ese modo, medir el potencial Redox en la cámara anóxica permite monitorear con gran eficiencia la presencia de los agentes oxidantes para los sistemas biológicos, evitando que ocurra algún impacto en la biota, en las etapas subsiguientes y principalmente en el medio ambiente.

El clorato es un agente oxidante de mayor preocupación para el tratamiento de efluentes y para el medio ambiente, de esa forma, se mide el potencial Redox en la cámara anóxica para monitorear y efectuar el tratamiento adecuado en esta etapa.

La Figura 7 presenta los resultados del potencial Redox durante el periodo evaluado demostrando que el mismo no sufrió ninguna alteración significativa que sea un indicativo de la presencia del licor verde o de cualquier otro compuesto. Se observa que el límite máximo de -150mV no fue alcanzado en ninguno de los días analizados.

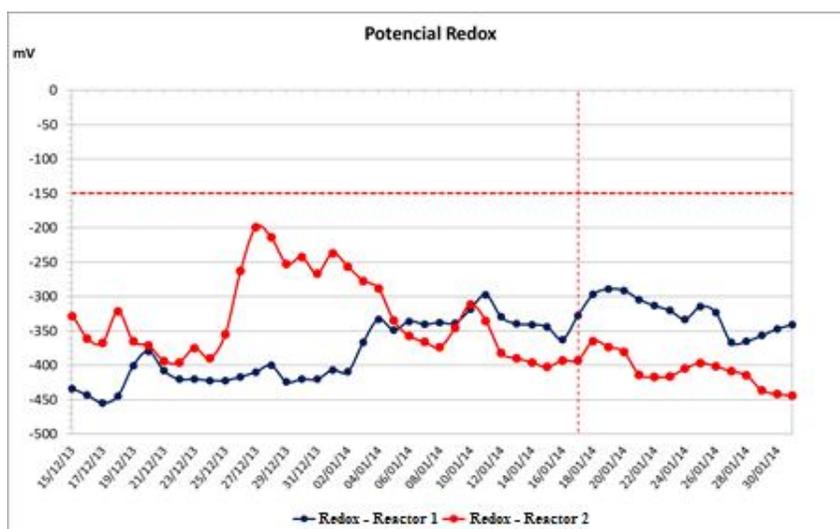


Figura 7. Potencial redox en el interior de las cámaras anóxicas.

Concentraciones y carga de DQO⁶ en la entrada de los reactores

Las concentraciones y carga de DQO se presentan en la Figura 9. Al inicio del mes de diciembre hubo una reducción de la carga de DQO en la entrada de los reactores.

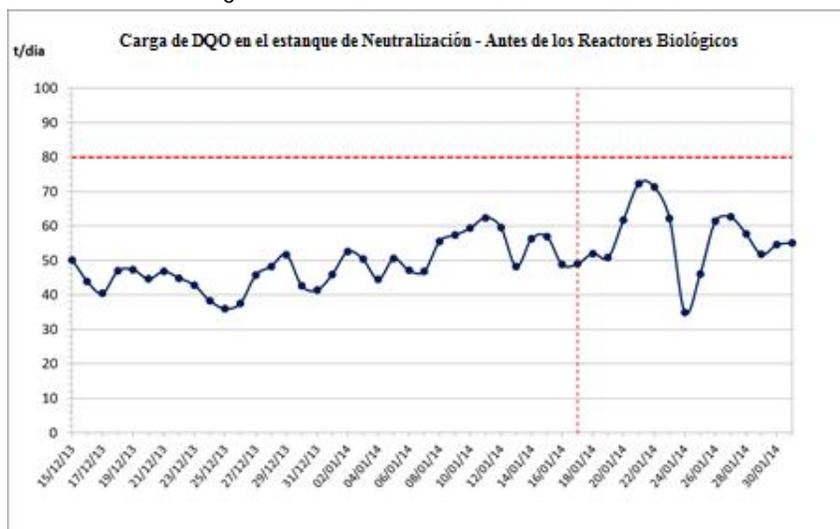


Figura 8. Cargas de DQO en la salida del tanque de neutralización - entrada del tratamiento biológico.

Esa reducción de la carga de DQO fue debida tanto por la reducción de la concentración de DQO como por la reducción del flujo de los efluentes en el periodo (Figura 10).

⁶ DQO: Demanda Química de Oxígeno.

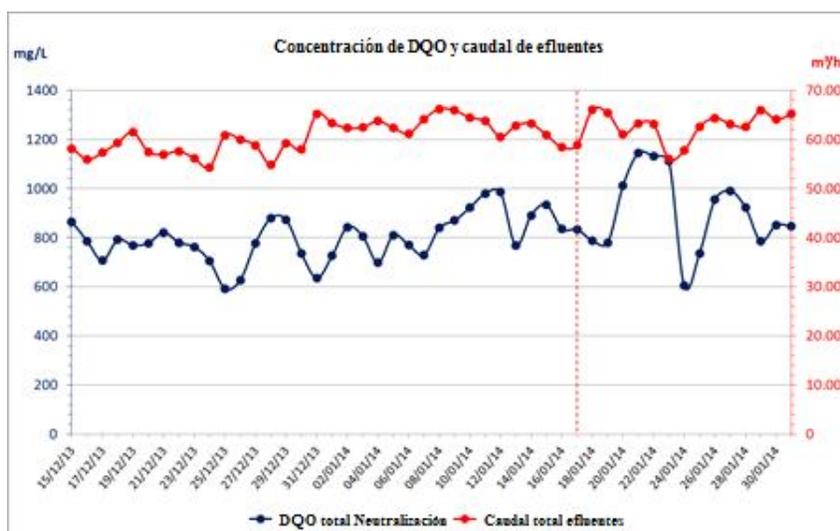


Figura 9. Concentración de DQO y flujo total de los efluentes

Se verifica que la capacidad de operación de la PTE de Arauco, Valdivia operó con holgura en el período evaluado y, por lo tanto la recepción del licor verde en la planta de tratamiento de efluentes el día 17 de enero no ocasionó mayores impactos en la carga de DQO y tampoco en la operación de la PTE como un todo.

Un hecho muy importante a ser considerado en este caso es que el licor verde derramado fue recolectado y contenido por el sistema de recuperación de derrames que existe en las áreas industriales para este fin y conducido al decantador primario para la remoción de los sólidos gruesos. Ese concepto de control preventivo de la contaminación ambiental industrial adoptado por Arauco, Valdivia sigue las recomendaciones de European Commission (2015) a través de *Report Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board*.

Además de promover la remoción de los sólidos sedimentables, el decantador primario también proporciona una gran tasa de diluciones a los diversos efluentes que son recolectados en las diversas áreas, reduciendo los riesgos de impacto negativo en la biota y en la calidad de los efluentes tratados. Considerando que el volumen de licor verde fue de 1,1m³ y que el volumen total del decantador primario es de 5.027 m³, la dilución que ocurrió el día 17 de enero fue de 1:4.570 aproximadamente.

Otro hecho que debe ser considerado es que las bacterias utilizadas en el tratamiento biológico de efluentes son más resistentes y están adaptadas para degradar los diversos compuestos que son enviados en los efluentes industriales, tales como Na₂S + Na₂CO₃.

Concentración de DQO en los reactores

En la Figura 11 se observa la concentración de DQO en los reactores biológicos durante el período evaluado. Se observa que después del evento del día 17 de enero, las concentraciones de DQO en las salidas de los reactores disminuyeron, demostrando que el sistema se

presentaba mejor de lo que venía operando. De igual modo, esa reducción no fue ocasionada por el licor verde, sino que posiblemente debido a las variaciones normales del proceso.

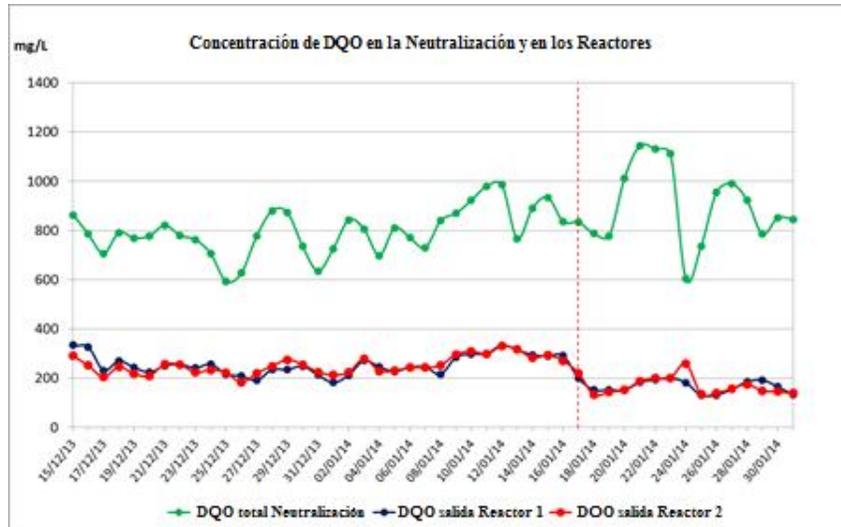


Figura 10. Concentración de DQO en el estanque de neutralización y en los reactores biológicos.

Esta Figura muestra la capacidad que el sistema biológico tiene de neutralizar las cargas, pues a pesar de que haya habido elevación en la concentración y carga de DQO en la entrada (Figura 7), el sistema se comportó perfectamente bien, ajustando las concentraciones finales de DQO de los reactores.

Eficiencia de remoción de DQO

Con relación a la eficiencia de remoción de DQO por el tratamiento secundario, es posible observar en la Figura 10 que el sistema presentó elevadas tasas de eficiencias de remociones durante todo el periodo evaluado, incluso el día 17 de enero, legitimando que el licor verde no ocasionó efecto negativo para la biota del tratamiento biológico.

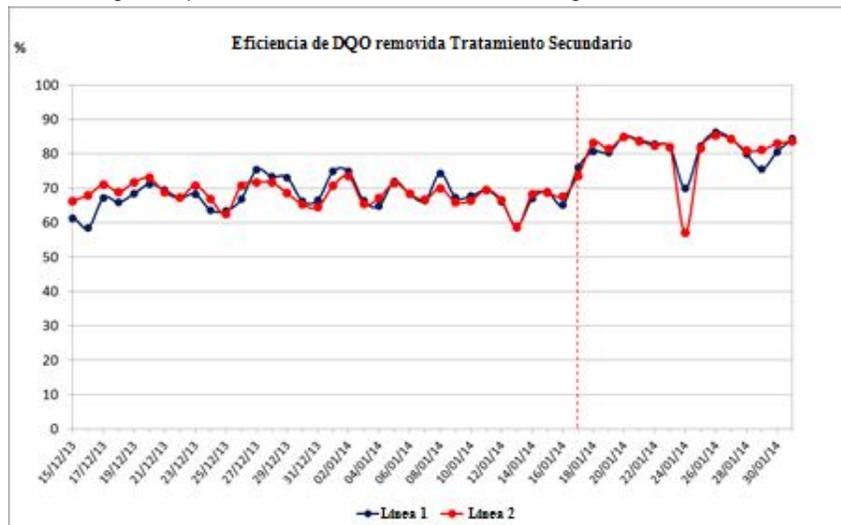


Figura 11. Eficiencia de remoción de DQO por el tratamiento secundario (Reactores biológicos).

El aumento de la eficiencia de remoción de la DQO a partir del día 17 fue ocasionado principalmente por el aumento de la DQO inicial (Figura 9) y por la reducción de las concentraciones de la DQO en el efluente tratado (Figura 11).

La European Commission (2015) cita que en fábricas nuevas de celulosa la remoción de DQO por sistemas de lodos activados varía entre el 50 y el 70%. En Brasil valores de remociones de DQO arriba de 70% para fábricas de celulosa Kraft son considerados excelentes. De esa forma, es posible afirmar que el sistema de tratamiento de efluentes de la Planta Valdivia-Chile presenta una excelente eficiencia de remoción de DQO cuando se compara con los sistemas europeos y brasileños.

La Figura 12 presenta la concentración en la salida de los reactores y en la salida de la canaleta Parshall.

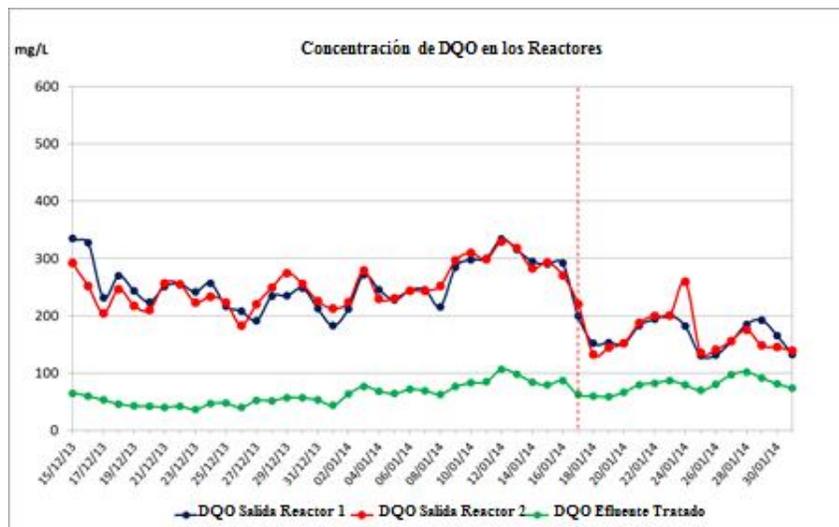


Figura 12. Concentración de la DQO en la salida en los reactores biológicos y en el efluente tratado.

La Figura 13 presenta la eficiencia de remoción de DQO del sistema secundario (reactores biológicos) más el sistema terciario (sistema de flotación). Todos los días la remoción de DQO estuvo sobre el 80%, demostrando que la planta de tratamiento de efluentes operó de modo excelente en la remoción de las cargas de DQO del proceso.

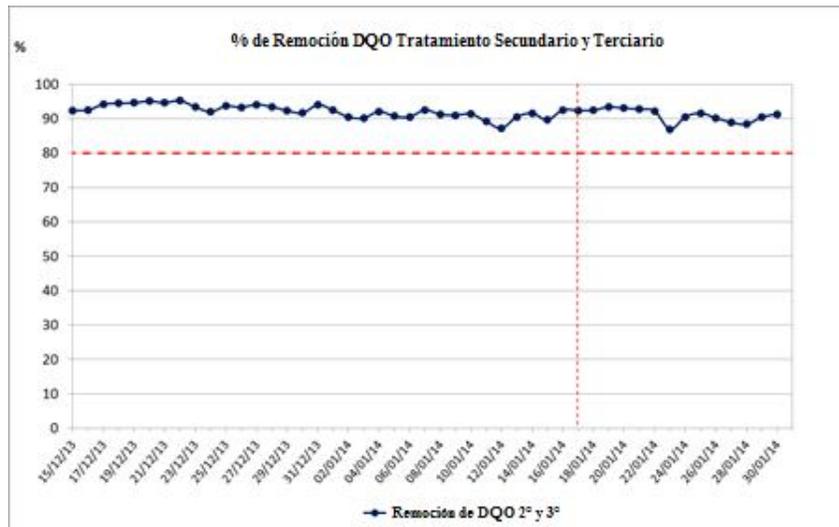


Figura 13. Remoción de DQO de los sistemas secundarios y terciarios.

La Figura 14 presenta la media diaria de las emisiones específicas de DQO de la Planta Valdivia. La carga media específica de emisión de DQO por la Planta Valdivia en el período evaluado fue de 2,6kg de DQO/Adt⁷. La European Commission (2015) cita que el estándar Europeo de emisión de DQO/Adt varía de 5 a 20 Kg de DQO/Adt Celulosa para Pino y de 7,5 a 28 kg de DQO/Adt Celulosa para Eucalipto. Comparando las tasas de emisiones de DQO de la Planta Valdivia con los estándares de Europa que son considerados los más restrictivos y referencia para el sector de celulosa, se verifica que las tasas de emisiones de DQO de la Planta Valdivia son muy inferiores a los estándares adoptados por Europa y recomendados por European Commission (2015).

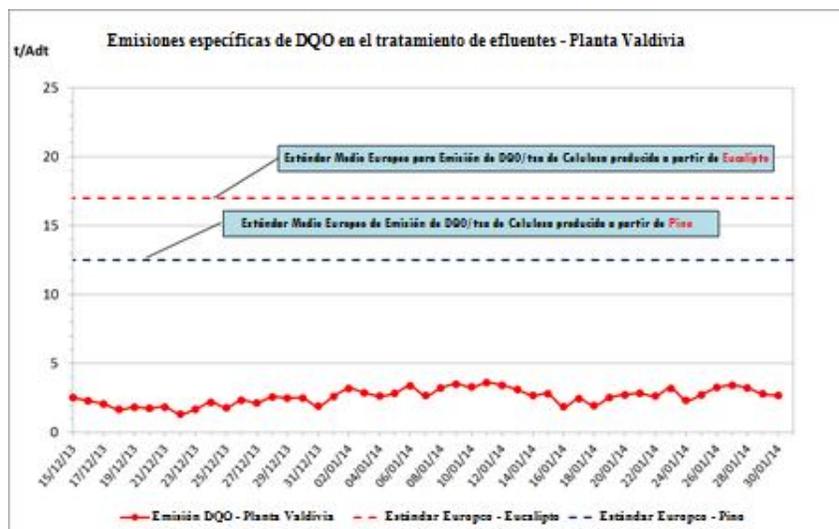


Figura 14. Emisiones específicas de DQO/Adt Celulosa.

Índice Volumétrico del Lodo – IVL

⁷ ADT: Air Dry Ton (toneladas secas al aire).

Los valores del IVL están presentados en la Figura 15. El índice volumétrico del lodo es un análisis práctico realizado en laboratorio que verifica el valor de la decantabilidad de éste durante un período de 30 minutos. Después de este resultado, se divide por la concentración de sólidos del lodo, determinando de esa forma, el volumen ocupado por un gramo de lodo. Valores elevados de IVL indican mala decantabilidad del lodo.

Diversos factores pueden ocasionar la elevación del IVL, no obstante el más común es el crecimiento excesivo de las bacterias filamentosas presentes en el lodo. Ese crecimiento puede ser ocasionado por diversos factores tales como: deficiencia de nutrientes, deficiencia de oxígeno disuelto, exceso de sulfuro en el efluente de entrada, presencia de ácidos grasos volátiles, presencia de compuestos de fácil biodegradabilidad, baja disponibilidad de alimento y otros.

Jenkins et al. (2003) y Von Sperling (1996) citan que el valor ideal para el índice volumétrico del lodo es de 150mL/g. En Brasil es muy común trabajar con estaciones de tratamiento de efluentes con el IVL próximo de 300mL/g sin ocasionar problemas en el proceso. En general, en las estaciones más frías del año, el IVL tiende a ser menor. Considerando que el período evaluado fue en el período de verano entre diciembre de 2013 y enero de 2014 valores de IVL de 200mL/g son perfectamente aceptables y adecuados para la operación de la PTE como un todo.

Se observa una pequeña elevación del IVL después del día 17 de enero, pero de modo algún se puede afirmar que tales variaciones son debidas al efecto del licor verde, una vez que en períodos anteriores existían valores superiores y estas variaciones que ocurren en los valores del IVL son perfectamente aceptables desde el punto de vista operacional. Otro punto a considerar específicamente en Arauco, Valdivia es que esta planta de tratamiento de efluentes posee un sistema terciario, que en caso de que ocurran pérdidas de lodo serán retirados por el sistema terciario.

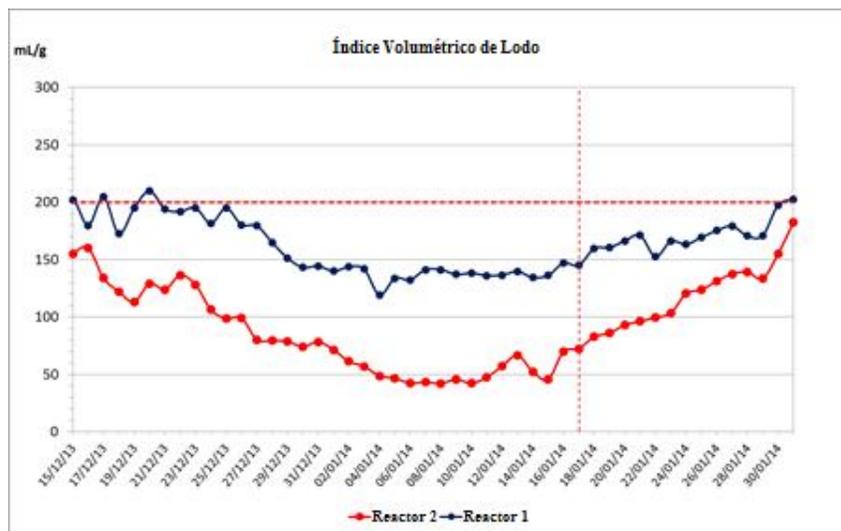


Figura 15. Índice Volumétrico del Lodo, IVL de los reactores de la línea 1 y línea 2.

Concentración de nutrientes en el interior de los reactores biológicos

El pequeño aumento puntual en el día 17 de enero de la concentración de N amoniacal en el interior del reactor (Figura 16) y de la concentración de nitrógeno total al final del reactor (Figura 20) no pueden ser atribuidos al evento del licor verde en el día 17, porque por el tiempo de residencia determinado para el día 17 (Figura 2) y el momento en que se efectuó la recolección para análisis (ANEXO 1), no habría tiempo suficiente para que el mismo hubiera recorrido todo el sistema de tratamiento de efluentes.

En tratamientos de efluentes es común la ocurrencia de esas variaciones, sin que se indique que hay problemas en el proceso, ya que ocurrieron variaciones en otros días sin que hubieran ocurrido otros disturbios en la planta y en la calidad del efluente tratado. Otro hecho que corrobora que este fue un efecto puntual y específico del reactor biológico de la línea 1, es que el reactor biológico de la línea 2 se comportó de modo inalterado, tanto para el nitrógeno como para el fósforo (Figura 17 a 19).

La Figura 16 presenta las concentraciones de nitrógeno en el interior y en el final del reactor biológico de la línea 1.

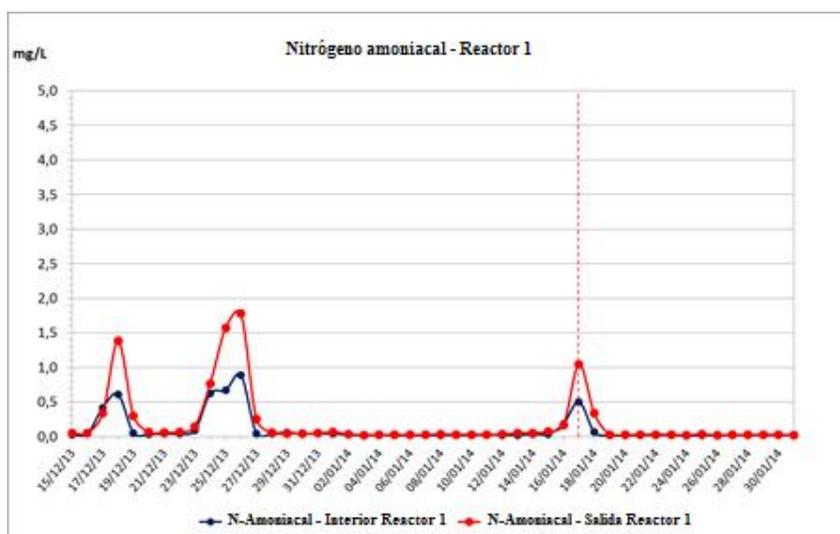


Figura 16. Concentraciones de nitrógeno amoniacal soluble en el interior y en el final del reactor biológico de la línea 1.

La Figura 17 presenta las concentraciones de nitrógeno en el interior y en el final del reactor biológico de la línea 2.

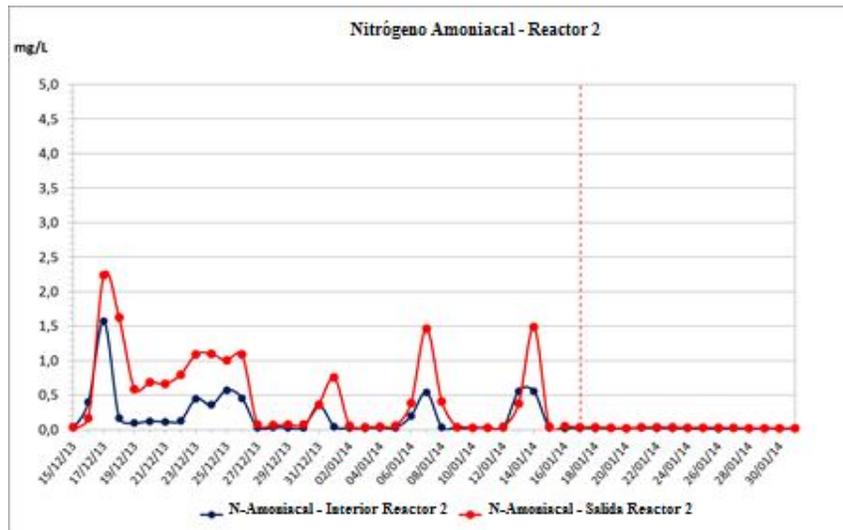


Figura 17. Concentraciones de nitrógeno amoniacal soluble en el interior y en el final del reactor biológico de la Línea 2.

La Figura 18 presenta las concentraciones de fósforo en el interior y en el final del reactor biológico de la línea 1.

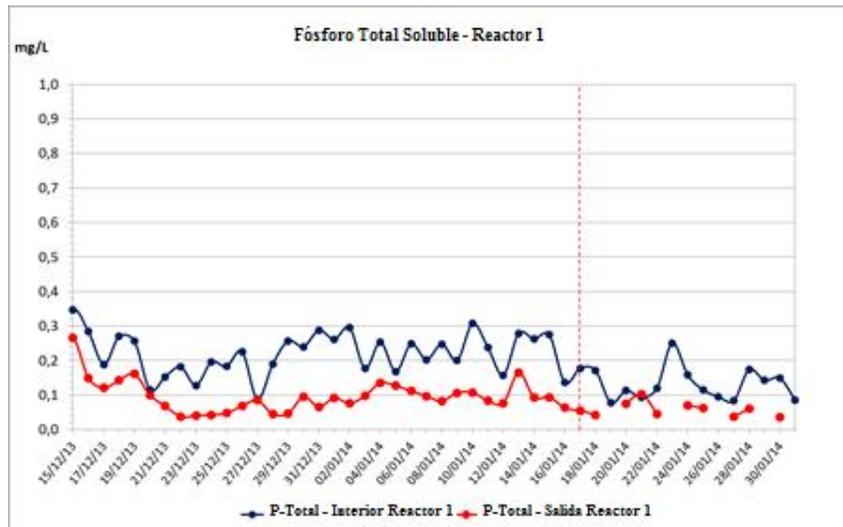


Figura 18. Concentraciones de fósforo total soluble en el interior y en el final del reactor biológico de la Línea 1.

La Figura 19 presenta las concentraciones de fósforo en el interior y en el final del reactor biológico de la línea 2.

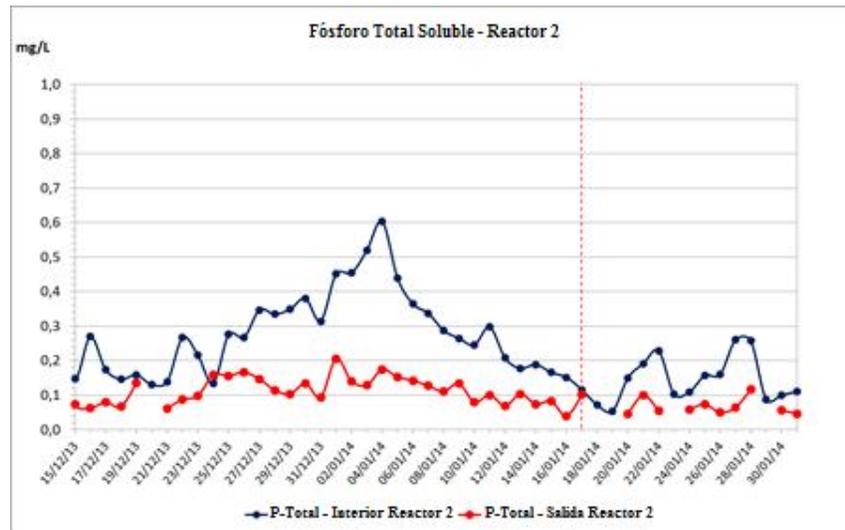


Figura 19. Concentraciones de fósforo total soluble en el interior y en el final del reactor biológico de la Línea 2.

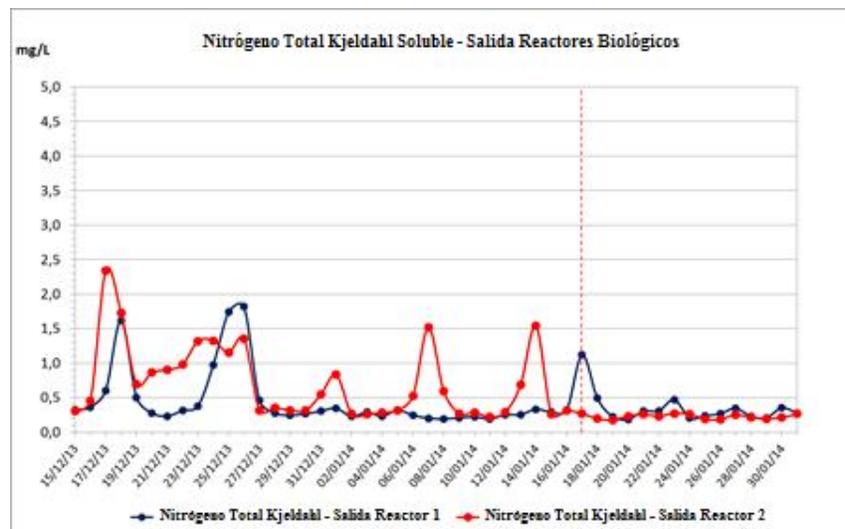


Figura 20. Concentraciones de nitrógeno total Kjeldahl soluble en la salida de los reactores biológicos (Línea 1 y 2).

Tasa de Alimento/Microorganismos (A/M)

La tasa de alimento/microorganismos (A/M) mide la concentración de alimento disponible para la comunidad microbiana. Elevadas tasas de alimento propician un crecimiento disperso de las bacterias, mientras que tasas de alimento muy reducidas proporcionan un crecimiento de las especies de microorganismos filamentosos. Jenkins et al. (2003) recomienda una tasa de 0,3 a 0,8 kg de DQO/Kg de SST⁸. día⁻¹.

⁸ SST: Sólidos suspendidos totales.

La Figura 21 presenta las tasas de Alimento/Microorganismos para los reactores biológicos durante el período evaluado. Prácticamente casi todos los días del período evaluado, las tasas de A/M estuvieron dentro de la banda recomendada, garantizando así una tasa de depuración adecuada de los compuestos orgánicos como un todo y una floculación ideal.

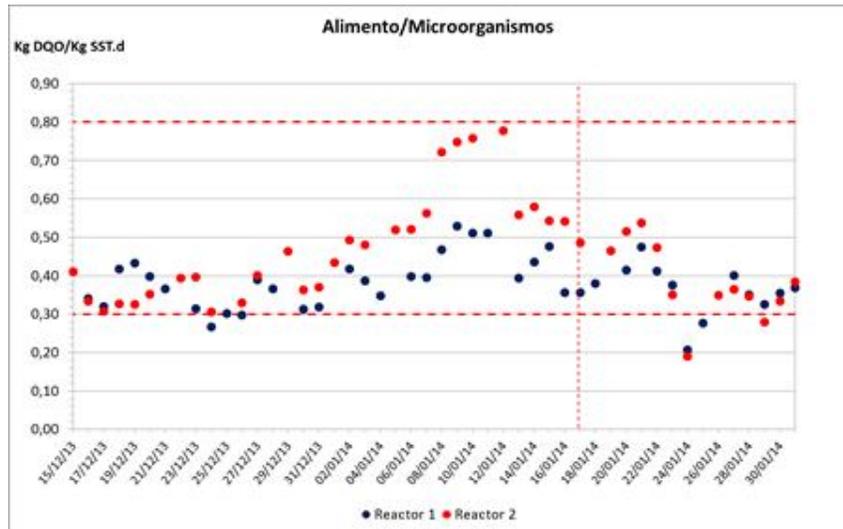


Figura 21. Tasa Alimento/microorganismos en los reactores biológicos.

Conductividad y pH del efluente tratado

Los valores de conductividad y pH de los efluentes tratados están presentados en la Figura 22. Se observa que los valores medios diarios de conductividad y pH cumplieron plenamente la RCA N° 377 que define el valor máximo de 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 8,5 para conductividad y pH respectivamente. Se observa que no ocurrió ninguna variación de los valores de conductividad y de los valores de pH que pudieran ser ocasionados por efecto del licor verde en la calidad del efluente tratado.

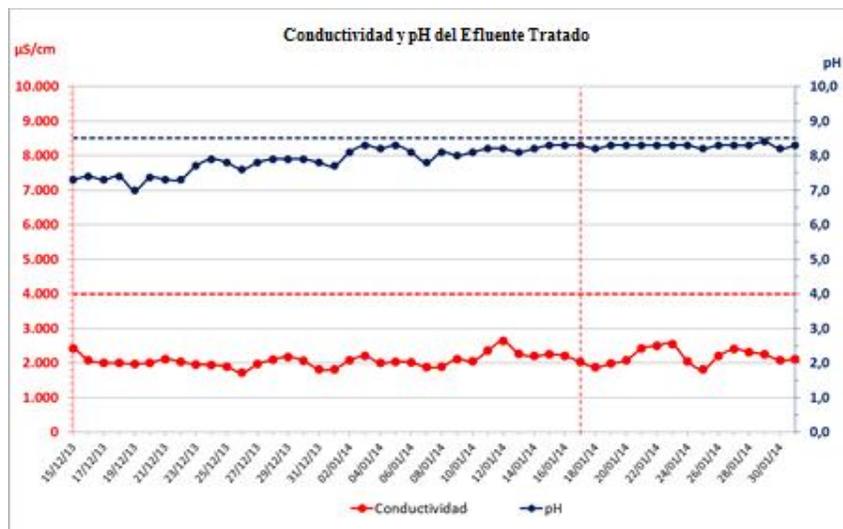


Figura 22. Valores de pH y conductividad en el efluente tratado.

Emisiones específicas de Nitrógeno

Las emisiones específicas de Nitrógeno en el efluente tratado de la Planta Valdivia así como el estándar de referencia europeo definido por la European Commission (2015) están presentadas en la Figura 23. El estándar europeo define una emisión de nitrógeno que varía de 0,01 kg N/Adt a 0,4 kg N/Adt celulosa. Para el gráfico de la Figura 23 se definió el valor medio de 0,205kg N/Adt. Se observa que los valores de emisiones de N/Adt de la Planta Valdivia son muy inferiores a la media europea, lo que pone a la Planta Valdivia con un estándar de calidad muy superior al estándar europeo para la emisión de nitrógeno en el efluente tratado.

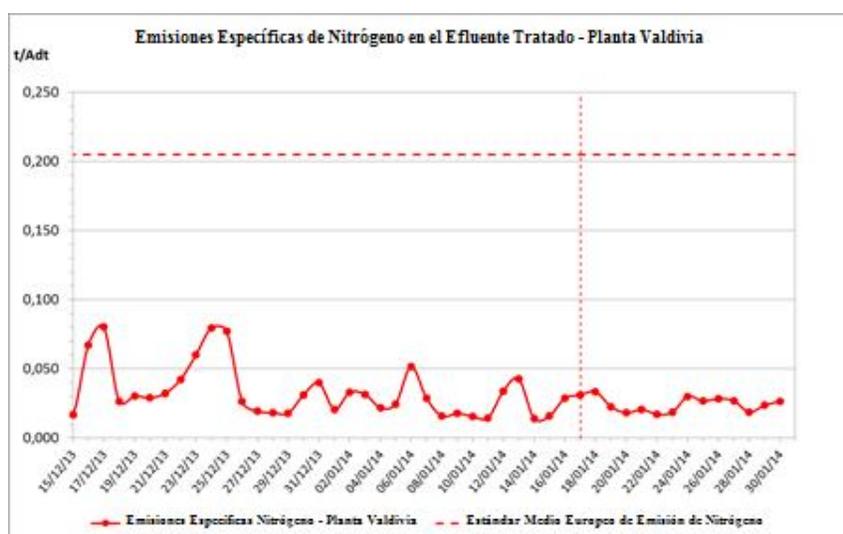


Figura 23. Emisiones específicas de Nitrógeno de los efluentes tratados en la Planta Valdivia y el estándar medio europeo para fábricas de celulosa Kraft blanqueada.

Emisiones específicas de Fósforo

Las emisiones específicas de fósforo en el efluente tratado de la Planta Valdivia así como el estándar de referencia europeo definido por la European Commission (2015) son presentados en la Figura 24. El estándar europeo define una emisión de fósforo que varía de 0,03 Kg PTotal/Adt a 0,08 kg PTotal/Adt celulosa. Para el gráfico de la Figura 24 se definió el valor medio de 0,0415kg N/Adt. Se observa que los valores de emisiones de PTotal/Adt de la Planta Valdivia son muy inferiores al estándar europeo de descarga de fósforo.

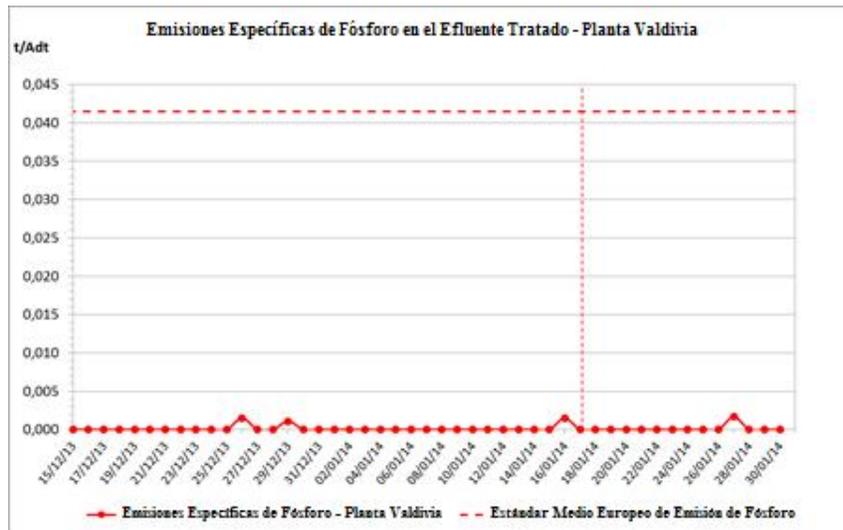


Figura 24. Emisiones específicas de Fósforo Total de los efluentes tratados en la Planta Valdivia y el estándar europeo para fábricas de celulosa Kraft blanqueada.

Emisiones específicas de Sólidos Suspendedos Totales - SST

La Figura 25 presenta las emisiones específicas de SST en los efluentes tratados en la Planta Valdivia y el estándar europeo definido por la European Commission (2015). El estándar europeo de emisión de SST en los efluentes tratados varía de 0,02 kg SST/Adt a 2,0 kg SST/Adt celulosa. Fue considerado el valor medio de la emisión europea de SST de 1,01kg SST/Adt celulosa. Se observan nuevamente bajos valores de emisión de SST en los efluentes tratados, confirmando la excelente calidad de los efluentes tratados en la Planta Valdivia.

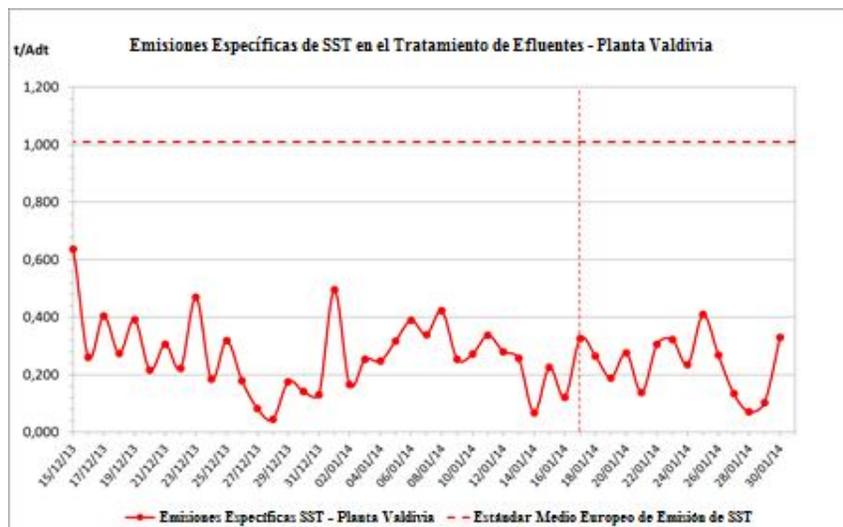


Figura 25. Emisiones específicas de SST en los efluentes tratados de la Planta Valdivia y el estándar medio europeo para fábricas de celulosa Kraft blanqueadas.

Comparando los estándares de calidad de los efluentes tratados por la Planta Valdivia y descargados en el Río Cruces con la Resolución del Consejo Nacional de Medio Ambiente



CONAMA 430/2011 del MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2011) que dispone sobre las condiciones y estándares de descarga de efluentes en cursos de aguas de la Federación Brasileña, se concluye que todos los estándares de la Planta Valdivia se encuadran en los estándares de emisiones de los efluentes brasileños.

Demás parámetros de la calidad de los efluentes tratados

Todos los demás parámetros de control de la calidad de los efluentes tratados evaluados durante el periodo de 15/12/2013 a 31/01/2014 están de acuerdo con los valores definidos en la RCA N° 377 de 06/06/05. La planilla de acompañamiento externo de la calidad del efluente tratado está presentada en el ANEXO 2.

Conclusiones

Se concluye que la planta de tratamiento de efluentes de la Planta Valdivia, Chile, presentó excelentes resultados de tratabilidad y de calidad del efluente tratado, comparados con los límites máximos de descarga establecidos por la RCA N° 377 de 06/05/05 durante todo el período evaluado (15/12/2013 a 31/01/2014), no habiendo sido impactada negativamente por la entrada de 1,1m³ del licor verde.

El licor verde (Na₂S + Na₂CO₃) no causó impacto en los microorganismos, tampoco ocasionó alteraciones en la calidad de los efluentes tratados debido principalmente al volumen reducido de licor verde (1,1m³) y la alta tasa de dilución en los demás efluentes posibilitando a disociación y neutralización de los componentes del licor verde durante el tratamiento biológico.

En la zona anóxica del tratamiento biológico, el Na₂CO₃ fue disociado en Na y CO₂ y en la zona aerobia el Na₂S fue disociado en Na y compuestos de SO₄ que son utilizados por las bacterias presentes en el sistema eliminando los efectos negativos para las etapas subsiguientes del proceso y consecuentemente para el medio ambiente.

Todos los parámetros de descarga de los efluentes tratados durante el período evaluado cumplieron los parámetros de descarga definidos por la RCA N° 377 de 06/06/05.

La planta de tratamiento de efluentes de la Planta Valdivia presentó en el período evaluado, estándares de descargas con calidad superior a los estándares europeos para las mejores fábricas del sector de celulosa.

Referencias

AQUAFLOW. Operation manual effluent treatment plant– Process Arauco Valdivia Project Chile. Savonlinna, 2003.

EUROPEAN COMMISSION. **Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board.**



http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/PP_revised_BREF_2015.pdf, 2005. 867p.
Página accedida el: 19/02/2016.

JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G. T. ***Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming***. Michigan USA: Lewis Publisher, 3 ed., 2003. 190p.

METCALF & EDDY. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4. ed. Metcalf & Eddy, Inc., 2003. 1.540 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Conselho Nacional de Meio Ambiente Brasil 2011. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Página accedida el: 26/02/2016.

SOUSA, C. A. *Controle do intumescimento filamentoso em um sistema de lodos ativados utilizando seletores biológicos*. Dissertação Máster. Viçosa, MG 2002. 81p.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Lodos ativados*. Volume 4. Universidade Federal de Minas Gerais – DESA Belo Horizonte 211 p. 1996b

ANEXO 1. Informe de análisis puntual (Control interno de la Arauco)

ARAUCO Planta Valdivia		Análisis Puntual de Efluentes (Control Interno)									
Tumo											
	PARAMETROS	UNIDAD	Limite	Limite	Noche	Noche	Dia	Dia	Tarde	Tarde	
			RCA	Objetivo	00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00	
			279/98		17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14	
Cámara de Neutralización	Cloratos	mg/L		< 100	65,9	79,1	83,6	122,4	17,0	3,96	
	Sulfatos	mg/L SO ₄				290		386		215	
	Nitratos	mg/L N-NO ₃				<0,03		<0,03		<0,03	
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L				277		275		59	
	Cloruro	mg/L Cl			170	180	174	201	119	79	
	COD (Total)	mg/L			883	890	827	867	946	584	
Selector S1 Reactor	Cloratos	mg/L ClO ₃		< 15	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	
	Nitratos	mg/L N-NO ₃			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Selector S2 Reactor	Cloratos	mg/L ClO ₃		< 15	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	
	Nitratos	mg/L N-NO ₃			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
1/3 Aireación L-1	Nitrógeno Amónico Soluble	mg/L ClO ₃		< 0,5	0,86		0,50		0,16		
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0	0,231		0,231		0,070		
1/3 Aireación L-2	Nitrógeno Amónico Soluble	mg/L ClO ₃		< 0,5		0,02		0,03		0,02	
	Fósforo Total	mg/L P		<1,0		0,148		0,043		0,155	
Salida Reactores Biológicos 1	Cloratos	mg/L		< 1,5	<0,20		<0,20		<0,20		
	Sulfatos	mg/L SO ₄			378		351		316		
	Nitratos	mg/L N-NO ₃			<0,03		<0,03		<0,03		
	Cloruro	mg/L Cl			245		228		216		
	COD (Total)	mg/L			213		195		192		
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L			5		5		4		
	Color Verdadero (0.45 um)	PCo			253		229		207		
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/l			0,92		1,22		1,22		
	Nitrógeno Amónico Soluble	mg/L NH ₄ +N			0,72		1,22		1,20		
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0	<0,025		<0,025		0,055		
Salida Reactores Biológicos 2	Cloratos	mg/L		< 1,5		<0,20		<0,20		<0,20	
	Sulfatos	mg/L SO ₄				349		319		312	
	Nitratos	mg/L N-NO ₃			<0,03		<0,03		<0,03		
	Cloruro	mg/L Cl				226		218		219	
	COD (Total)	mg/L				299		192		170	
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L				14		7		3	
	Color Verdadero (0.45 um)	PCo				230		215		193	
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/l				0,16		0,17		0,48	
	Nitrógeno Amónico Soluble	mg/L NH ₄ +N				0,04		0,04		0,03	
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0		<0,025		<0,025		0,101	
Parshall Salida Efluentes	Cloratos	mg/L ClO ₃	17	13	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	
	Cloruro	mg/L			308	303	281	295	275	299	
	COD (Total)	mg/L	313	250	68	56	53	52	82	63	
	Aluminio Total	mg/L Al		2	0,56	0,66	0,60	0,56	0,59	0,79	
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/l	4,2	3,5	0,96	0,94	1,08	1,02	1,04	0,68	
	Sulfatos	mg/L SO ₄		1000	333	322	291	282	273	285	
	Nitratos	mg/L N-NO ₃			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Fósforo Total	mg/L	0,33	0,3	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,050		



ANEXO 2. Control externo de la calidad del efluente tratado

 Superintendencia de Servicios Sanitarios		NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA. CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)																									
		RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.																									
		Continuo				8 MP al mes	8 MC al mes																				
Parámetros Mes/Año	días de Mantenimiento	Caudal 99.30hr/1/a	pH 6-8,5	pH 6-8,5	T °C < 30	Conduct. (µS/cm) Pprom. Semestral	Conduct. (µS/cm) Pprom. Diario	Glififormes Totales (F-NM/100-µ)	DBO5 (ppm)	DBO5 (new/9) Pprom. Diario	DBO5 (new/9) Pprom. Semestral	DCO (ppm)	DCO (new/9) Pprom. Diario	DCO (new/9) Pprom. Semestral	S.S.T. (ppm)	S.S.T. (new/9) Pprom. Diario	S.S.T. (new/9) Pprom. Semestral	P Total (ppm)	P Total (new/9) Pprom. Diario	P Total (new/9) Pprom. Semestral	N total (ppm)	N total (new/9) Pprom. Diario	N total (new/9) Pprom. Semestral	Clor. Verticilar (F-G) Pprom. Diario	Clor. Verticilar (F-G) Pprom. Semestral		
Límites RCA		1150 l/s	6	8,5	30	3500	4000	1000	50	2,1	0,9	313	13,5	8,3	50	3,5	2,5	0,33	0,033	0,03	4,2	0,3	0,12	20	8		
dez/13	1 (1)	324,8	6,2	6,6	22,2		1822,1																				
dez/13	2	390,6	6,1	6,7	21,0		1689,7																				
dez/13	3	401,8	6,2	6,5	20,5		1438,3																				
dez/13	4	466,1	6,2	6,7	19,7		1265,9	<2,0																			
dez/13	5	482,4	6,1	6,7	20,1		1314,5	<2,0	<2,0	0,08		83	3,5		9,0	0,4		<0,015	0,001		0,94	0,04			1,79		
dez/13	6	517,8	6,2	6,6	20,3		1109,8		<2,0	0,09		56	2,5		6,7	0,3		<0,015	0,001		0,8	0,04			2,24		
dez/13	7	575,2	6,2	6,9	20,2		946,2																				
dez/13	8	643,2	6,5	7,0	20,6		827,0																				
dez/13	9	671,9	6,5	6,7	24,6		1227,6																				
dez/13	10	619,2	6,6	6,8	27,3		1604,3	<2,0	<2,0	0,11		60	3,2		7,0	0,4		<0,015	0,001		0,56	0,03			2,62		
dez/13	11	655,5	6,5	6,8	27,9		1582,9																				
dez/13	12	686,0	6,6	6,8	28,5		1861,3	<2,0	<2,0	0,12		60	3,6		8,9	0,5		<0,015	0,001		1,01	0,06			1,90		
dez/13	13	596,5	6,5	6,7	27,7		1973,7																				
dez/13	14	571,4	6,6	6,8	27,9		2168,1																				
dez/13	15	560,3	6,5	6,9	28,4		2393,0																				
dez/13	16	577,6	6,6	6,8	28,3		2312,4																				
dez/13	17	552,4	6,7	6,8	27,9		2147,1	<2,0	<2,0	0,10		46	2,2		7,8	0,4		<0,015	0,001		3,62	0,17			1,15		
dez/13	18	583,0	6,6	6,7	28,2		1954,2																				
dez/13	19	616,8	6,6	6,7	27,9		2083,5		<2,0	0,11		30	1,6		5,1	0,3		<0,015	0,001		0,90	0,05			0,75		
dez/13	20	641,2	6,5	6,6	27,6		2071,3	<2,0																			
dez/13	21	583,2	6,6	6,8	27,2		2212,9																				
dez/13	22	580,4	6,5	6,7	27,7		2145,0																				
dez/13	23	592,6	6,5	7,4	27,8		2069,5																				
dez/13	24	563,2	7,3	7,4	27,9		2059,4	<2,0																			
dez/13	25	529,2	7,3	7,4	27,5		2006,4																				
dez/13	26	623,3	7,1	7,3	27,5		1747,2	<2,0	<2,0	0,11		39	2,1		5,8	0,3		<0,015	0,001		2,47	0,13			0,86		
dez/13	27	616,5	7,2	7,3	28,1		2009,0																				
dez/13	28	608,9	7,3	7,3	28,0		2115,5																				
dez/13	29	556,2	7,3	7,4	28,0		2158,1																				
dez/13	30	620,2	7,3	7,3	28,3		2103,4		<2,0	0,11		43	2,3		5,2	0,3		<0,015	0,001		1,26	0,07			1,18		
dez/13	31	605,5	7,2	7,3	28,0	2230,2	1903,0	<2,0			0,13			3,10			0,34			0,001						1,83	

(1): Desde el día 26/11/13 a las 03:23 hrs. y hasta el día 01/12/13 a las 12:00 hrs. aproximadamente, se dejó de derivar efluente tratado al Río Cruces, debido a la Parada Anual para Mantenimiento, informada mediante 6PV 123/2013-C con fecha 18-11-2013.

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



Superintendencia de Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL
 CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.
 CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.
 Resolución SISIS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.
 Resolución SISIS N° 1299 de 06.05.03 Deja sin efecto la Res. SISIS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.
 Descarga al Río Cruces.
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

4 MC al mes												4 MC al mes												
ACX (mg/l)	ACX (ton/d) Prom. Diario	ACX (ton/d) Prom. Semestral	Cloratos (mg/l)	Cloratos (ton/d) Prom. Diario	Cloratos (ton/d) Prom. Semestral	Sulfato (ton/d) Prom. Diario	Sulfato (ton/d) Prom. Semestral	Cloruro (ton/d) Prom. Diario	Cloruro (ton/d) Prom. Semestral	Al. (ton/d) Prom. Diario	Al. (ton/d) Prom. Semestral	Ac. Resínicos (mg/l)	Ac. Grasos (mg/l)	Clorofenoles(mg/l)	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Cu Total (mg/l)	Cr Total. (mg/l)	Fe Disuelto (mg/l)	Hg (mg/l)	Mn (mg/l)	N (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
7,6	0,28	0,15	17	1,2	0,1	60	50	30	24	0,12	0,06	0,033	0,27	0,067	0,001	0,01	0,07	0,05	1,3	0,005	0,05	0,06	0,03	1
	0,02	0,001	<0,03	0,001		19		1		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	0,006	<0,005	0,009	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,010	0,011
	0,82	0,049	<0,03	0,002		37		11		0,06		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,018	<0,0005	<0,006	0,005	<0,010	0,014
	0,55	0,029	<0,03	0,002		36		12		0,03		<0,005	<0,005	<0,051	0,0011	<0,001	<0,005	0,031	0,005	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,010	0,018
	0,61	0,033	<0,03	0,002		20		12		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	<0,003	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,010	0,030
		0,05			0,007		32,4		13,5		0,04													

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL
CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.
CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.
 Resolución S.I.S.S N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.
 Resolución S.I.S.S N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. S.I.S.S 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.
 Descarga al Río Cruces.
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS SIN UN VALOR LÍMITE.

Parámetros Mes/Año.	días de Monitoreo	Continuo	4MC al mes			1 MC al Trimestre																
		Caudal 99,360m³/día	Índice de Fenol	Manganeso	Sodio	Cloro Libre Residual	Sólidos Sedimentables (SSd)	Turbidez	Toxicidad	Dioxina	Fósforo Soluble	Nitratos	Nitritos	N-Amónico	Pentaclorofenol	SS Orgánico	SS Inorgánico	SD Orgánico	SD Inorgánico	Nitrocl-Kjeldahl	N-Orgánico	
Límites RCA		1150 l/s	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/1h	NTU		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
dez/13	1(1)	324,8																				
dez/13	2	390,6																				
dez/13	3	401,8																				
dez/13	4	466,1																				
dez/13	5	482,4																				
dez/13	6	517,8	0,0065	0,235	433																	
dez/13	7	575,2																				
dez/13	8	643,2																				
dez/13	9	671,9																				
dez/13	10	619,2																				
dez/13	11	655,5																				
dez/13	12	686,0	0,0057	0,081	415,5																	
dez/13	13	596,5																				
dez/13	14	571,4																				
dez/13	15	560,3																				
dez/13	16	577,6																				
dez/13	17	552,4																				
dez/13	18	583,0																				
dez/13	19	616,8	0,0041	0,092	473,5																	
dez/13	20	641,2																				
dez/13	21	583,2																				
dez/13	22	580,4																				
dez/13	23	592,6																				
dez/13	24	563,2																				
dez/13	25	529,2																				
dez/13	26	623,3	0,0035	0,081	421																	
dez/13	27	616,5																				
dez/13	28	608,9																				
dez/13	29	556,2																				
dez/13	30	620,2																				
dez/13	31	605,5																				

(1): Desde el día 26/11/13 a las 03:23 hrs. y hasta el día 01/12/13 a las 12:00 hrs. aproximadamente, se dejó de derivar efluente tratado al Río Cruces, debido a la Parada Anual para Mantenimiento, informada mediante 6PV 123/2013-C con fecha 18-11-2013.

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



Superintendencia de
Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL
CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.
CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998
RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.
Resolución SISIS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.
Resolución SISIS N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISIS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.
Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.
Descarga al Río Cruces.
Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

Parámetros Mes/Año.	días de Monitoreo	Continuo						8 MP al mes	8 MC al mes																	
		Caudal 99,360m³/día	pH 6-8,5	pH 6-8,5	T °C < 30	Conduct. (U/s/cm) Prom. Semestral	Conduct. (U/s/cm) Prom. Diario	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	DBO5 (mg/l)	DBO5 (ton/d) Prom. Diario	DBO5 (ton/d) Prom. Semestral	DQO (mg/l)	DQO (ton/d) Prom. Diario	DQO (ton/d) Prom. Semestral	S.S.T (mg/l)	S.S.T (ton/d) Prom. Diario	S.S.T (ton/d) Prom. Semestral	P Total (mg/l)	P Total (ton/d) Prom. Diario	P Total (ton/d) Prom. Semestral	N total (mg/l)	N Kjeldahl (ton/d) Prom. Diario	N Kjeldahl (ton/d) Prom. Semestral	Color Vandadero(Pt.Co) Prom. Diario	Color Vandadero(Pt.Co) Prom. Semestral	
Límites RCA		1150 l/s	6	8,5	30	3500	4000	1000	50	2,1	0,9	313	13,5	8,3	50	3,5	2,5	0,33	0,033	0,03	4,2	0,3	0,12	20	8	
Jan/14	1	701,6	7,1	7,2	28,1		1791,2																			
Jan/14	2	674,6	7,2	8,2	27,7		2142,5	<2,0	2,7	0,16					8,6	0,5		<0,015	0,001		2,56	0,15			1,98	
Jan/14	3	663,6	8,1	8,2	27,3		2370,0																			
Jan/14	4	664,2	8,0	8,1	27,6		2217,7																			
Jan/14	5	682,4	8,0	8,1	27,8		2082,5																			
Jan/14	6	668,6	8,1	8,2	27,9		2088,8																			
Jan/14	7	658,0	8,1	8,2	27,8		2045,2	<2,0	2,3	0,13				50	2,8			<0,015	0,001		1,83	0,07			1,99	
Jan/14	8	696,8	8,1	8,1	27,9		1923,2																			
Jan/14	9	719,7	8,1	8,1	27,9		2103,2		2,9	0,18					7,9	0,5		<0,015	0,001		1,65	0,10			2,98	
Jan/14	10	713,1	8,0	8,0	27,5		2072,6	<2,0																		
Jan/14	11	695,5	8,0	8,1	27,8		2253,7																			
Jan/14	12	676,4	8,0	8,1	28,2		2491,6																			
Jan/14	13	642,0	8,0	8,1	28,3		2447,2																			
Jan/14	14	670,5	8,0	8,1	28,2		2218,5	<2,0	3,0	0,17				78	4,5			<0,015	0,001		2,38	0,13			2,90	
Jan/14	15	687,1	7,9	8,1	28,3		2309,4																			
Jan/14	16	659,9	7,9	7,9	28,1		2346,3	<2,0	<2,0	0,11				60	3,4			<0,015	0,001		2,89	0,12			1,94	
Jan/14	17	627,3	7,9	8,0	28,0		2093,0																			
Jan/14	18	608,0	7,8	7,9	28,5		1971,6																			
Jan/14	19	705,2	7,9	8,0	28,2		2005,3																			
Jan/14	20	696,3	7,8	8,0	27,8		2068,9																			
Jan/14	21	647,8	8,0	8,0	28,0		2326,3	<2,0	3,2	0,18				77	4,3			<0,015	0,001		2,62	0,14			3,36	
Jan/14	22	661,7	8,0	8,0	27,6		2538,4																			
Jan/14	23	655,9	8,0	8,0	27,3		2594,0	<2,0	<2,0	0,11				83	4,7			<0,015	0,001		2,07	0,12			2,66	
Jan/14	24	594,3	7,9	8,0	26,6		2325,4																			
Jan/14	25	595,8	7,7	7,9	26,6		1826,9																			
Jan/14	26	641,7	7,8	8,0	28,0		2092,0																			
Jan/14	27	674,7	8,0	8,0	28,7		2419,9																			
Jan/14	28	649,5	8,0	8,1	28,7		2417,3	<2,0	<2,0	0,11				90	5,1			<0,015	0,001		2,38	0,13			2,69	
Jan/14	29	644,0	7,9	8,0	28,4		2312,8																			
Jan/14	30	656,4	7,9	8,0	28,3		2175,9	<2,0	3,5	0,20				63	3,6			<0,015	0,001		2,90	0,16			1,87	
Jan/14	31	605,5	7,2	7,3	28,0		1903,0																			

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



Superintendencia de Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL
 CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.
 CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.
 Resolución SISS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.
 Resolución SISS N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia , X Región de los Lagos.
 Descarga al Río Cruces.
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

4 MC al mes												4 MC al mes												
ADK (mg/l)	ADK (trav/d) Prom. Diario	ADK (trav/d) Prom. Semestral	Cloratos (mg/l)	Cloratos (trav/d) Prom. Diario	Cloratos (trav/d) Prom. Semestral	Sulfato (trav/d) Prom. Diario	Sulfato (trav/d) Prom. Semestral	Cloruro (trav/d) Prom. Diario	Cloruro (trav/d) Prom. Semestral	Al. (trav/d) Prom. Diario	Al. (trav/d) Prom. Semestral	Ac. Resínicos (mg/l)	Ac. Grasos (mg/l)	Clorofenoles(mg/l)	As (mg/l)	Cl (mg/l)	Cl Total (mg/l)	C- Total. (mg/l)	Fe Disuelto (mg/l)	Hg (mg/l)	Mn (mg/l)	N (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
7,6	0,28	0,15	17	1,2	0,1	60	50	30	24	0,12	0,06	0,033	0,27	0,067	0,001	0,01	0,07	0,05	1,3	0,005	0,05	0,06	0,03	1
0,88	0,05		<0,03	0,002		22		16		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	0,0009	<0,001	<0,005	<0,005	0,009	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,006
1,20	0,08		1,04	0,065		23		18		0,03		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	0,005	<0,005	0,016	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,005
0,97	0,06		<0,03	0,002		20		17		0,02		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,007	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,003
1,40	0,08		<0,03	0,002		24		18		0,03		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,012	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	<0,001
1,10	0,06		<0,03	0,002		21		14		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,012	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,005

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



**NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL
CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.
CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)**

RCA N° 279 del 30.10.1998
RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.
Resolución SISS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.
Resolución SISS N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.
Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia , X Región de los Lagos.
Descarga al Río Cruces.
Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETOS SIN UN VALOR LÍMITE.																					
Parámetros Mes/Año.	días de Monitoreo	Continuo			4MC al mes				1 MC al Trimestre												
		Caudal 99.30m ³ /día	Índice de Fepol	Manganeso	Sodio	Cloro Libre Residual	Sólidos Sedimentables (SSd)	Turbidez	Toxicidad	Dioxina	Fósforo Soluble	Nitratos	Nitritos	N-Amónico	Pentaclorofenol	SS Orgánico	SS Inorgánico	SD Orgánico	SD Inorgánico	Nitroal-Kjeldahl	N-Orgánico
		1150 l/s	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/1h	NTU		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
jan/14	1	701,6																			
jan/14	2	674,6	0,0066	0,105	474																
jan/14	3	663,6																			
jan/14	4	664,2																			
jan/14	5	682,4																			
jan/14	6	668,6																			
jan/14	7	658,0																			
jan/14	8	696,8																			
jan/14	9	719,7	0,0050	0,088	421	<0,02	<0,1	9,0	ND	2,05E-09	<0,015	0,039	<0,005	0,05	<0,00002	5,7	2,2	150,0	1184,0	1,63	1,60
jan/14	10	713,1																			
jan/14	11	695,5																			
jan/14	12	676,4																			
jan/14	13	642,0																			
jan/14	14	670,5																			
jan/14	15	687,1																			
jan/14	16	659,9	0,0053	0,061	451																
jan/14	17	627,3																			
jan/14	18	608,0																			
jan/14	19	705,2																			
jan/14	20	696,3																			
jan/14	21	647,8																			
jan/14	22	661,7																			
jan/14	23	655,9	0,0059	0,112	541																
jan/14	24	594,3																			
jan/14	25	595,8																			
jan/14	26	641,7																			
jan/14	27	674,7																			
jan/14	28	649,5																			
jan/14	29	644,0																			
jan/14	30	656,4	0,0053	0,111	425																
jan/14	31	605,5																			

Nombre y Firma del Representante de la Industria.

