



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
CENTRO EULA-CHILE**



**INFORME FINAL PROYECTO:**

**PROGRAMA DE MONITOREO ECOTOXICOLÓGICO  
DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES EN EL RIO  
CRUCES, PROVINCIA DE VALDIVIA CHILE**

**CAPITULO 1. INTRODUCCION**

Julio, 2007

## INDICE

### CAPITULO 1: INTRODUCCION

1.	<b>INTRODUCCIÓN</b>	3
2.	<b>AREA DE ESTUDIO</b>	4
2.1.	<b>AGUAS SERVIDAS DE LONCOCHE S.A.</b>	5
2.1.1	<i>Descripción general</i>	5
2.1.2	<i>Descripción del Proceso de Tratamiento</i>	5
2.2	<b>PLANTA DE CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.</b>	7
2.2.1	<i>Descripción general</i>	7
2.2.2.	<i>Descripción planta de tratamiento de RILes</i>	7
2.3	<b>LÁCTEOS VALDIVIA S.A.</b>	10
2.3.1	<i>Descripción general</i>	10
2.3.2.	<i>Descripción planta de tratamiento de RILes</i>	10
2.4.	<b>ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS SERVIDAS DE VALDIVIA (EDAS).</b>	13
2.4.1.	<i>Descripción General</i>	13
2.4.2.	<i>Descripción del Proceso de Tratamiento de Aguas Servidas</i>	14
2.5.	<b>SANTUARIO DE LA NATURALEZA CARLOS ANDWANTER</b>	18
3.	<b>CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS EFLUENTES</b>	19

## **CAPITULO 1: INTRODUCCION**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En los meses de marzo y abril del 2005 se realizó una Misión consultiva Ramsar que tuvo por objeto establecer el estado de conservación del Santuario de la Naturaleza Carlos Andwanter y la entrega de directrices para su gestión. En este contexto el informe concluyó que el santuario Carlos Anwandter y el río Cruces no se encuentran en una situación favorable de conservación, y estableció medidas que asistan la restauración ecológica y garanticen la prevención de futuras perturbaciones. Dentro de estas medidas la recomendación Número 3 indicó que se deberá desarrollar un protocolo estratégico y detallado de la química del agua en toda la cuenca del Río Cruces con el fin de proteger el ambiente acuático dentro del humedal. Para ello se recomendó el desarrollo de un protocolo de monitoreo a partir del conceptos de riesgo toxicológico y de monitoreo de la calidad química del agua.

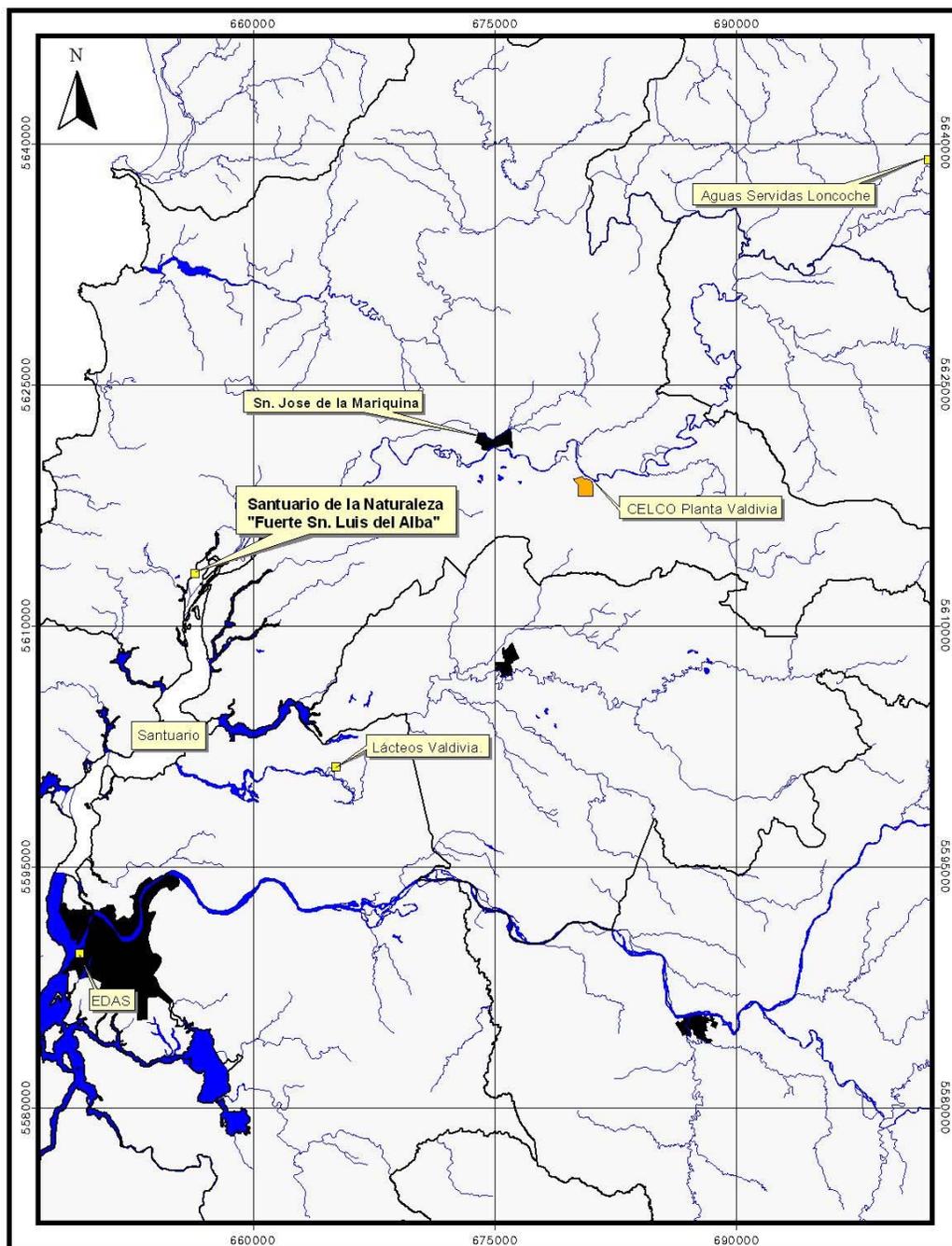
Para el logro y posterior implementación de esta recomendación, de la Misión consultiva se proponen algunas directrices en su informe para el monitoreo y control ecotoxicológico, las cuales son plasmadas en un proyecto financiado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) denominado “Programa de monitoreo ecotoxicológico de los efluentes industriales en el río cruces, provincia de Valdivia Chile” y cuya licitación fue otorgada al Centro EULA de la Universidad de Concepción.

El objetivo del proyecto estuvo orientado a determinar los factores de peligro que representa la actividad industrial con las descargas de RILes en el río Cruces y especialmente sobre el ecosistema del santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, X Región, Valdivia. Para lo cual se realizó una evaluación ecotoxicológica de los aportes directos de sustancias que potencialmente pueden producir un efecto no deseado sobre la estructura y dinámica del ecosistema, y por otra parte desarrollar un sistema de gestión ambiental que permita una mejor evaluación y control de las cargas tóxicas en el sistema del río Cruces.

De acuerdo con lo anterior, en el presente informe se entregan los resultados correspondientes a la evaluación ecotoxicológica de las tres industrias con mayor carga contaminante que descargan al sistema hidrológico del río Cruces, además del efluente de Celulosa CELCO Planta Valdivia. En ella se incluyen los resultados de los bioensayos de toxicidad aguda y crónica, estudio de biomarcadores y presencia sustancias potencialmente bioacumulables, mediante membranas semipermeables (SPMDs).

## 2. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio correspondió a las tres empresas seleccionadas por el Comité Operativo de Fiscalización (COF) de la X Región, a saber A. S. Loncoche, Lácteos Valdivia y EDAS. Además se incluyó una estación ubicada en el Santuario de la Naturaleza Carlos Andwanter (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de las estaciones del muestreo ecotoxicológico.

## 2.1. AGUAD SERVIDAS DE LONCOCHE S.A.

### 2.1.1 Descripción general

La Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Loncoche, a cargo de la empresa Aguas Araucanía S. A. se ubica en el sector poniente de la localidad de mismo nombre, en la ribera norte del río Cruces y se emplaza en una superficie de 1,5 há. La planta contempla un tratamiento preliminar compuesto por cámara de rejas gruesas y finas; medición de caudal Afluyente; Desarenador, Desgrasador y Desviación de caudales (by pass general). Además, posee un tratamiento primario a base de un sedimentador primario, más la desinfección de la cámara de contacto para cloración y decloración.

### 2.1.2 Descripción del Proceso de Tratamiento

#### a) Tratamiento Preliminar:

- a) **Sistemas de rejas:** Este sistema consta de una Reja fina para capturar una cierta cantidad de sólidos suspendidos presentes en las aguas servidas.
- b) **Desarenador/Desgrasador:** Mecanizado con aireación para remoción de arenas y grasas (clasificador, lavador, etc.).
- c) **Vertedero tormenta:** Corresponde a un canal alternativo para desvío del caudal afluente hacia la línea de by-pass en casos de emergencia.

#### b) Tratamiento Primario:

El proceso consiste en la remoción de los sólidos en suspensión mediante decantación, para mejorar la eficiencia dicho proceso se auxiliará, a futuro, mediante la adición de un reactivo químico (sales metálicas) para producir precipitación química. Mediante sedimentación primaria, es posible eliminar del 40% al 70% de los sólidos en suspensión y del 25% al 40% de las DBO<sub>5</sub>.

Contempla, para términos normales de operación del sistema, sedimentación sin asistencia química. En una etapa posterior y bajo la eventualidad de que no se logre la obtención en los niveles de concentración en el efluente, se procederá a la aplicación del reactivo químico a fin de mejorar le eficiencia en la remoción tanto de los sólidos suspendidos como de la DBO<sub>5</sub>.

El estanque de sedimentación es del tipo circular cuyo diámetro responde a los requerimientos tanto de caudal como de carga de sólidos presentes en el afluente. Adicionalmente, la unidad requerirá de algún sistema mecánico del tipo torque para la recolección del lodo sedimentado.

### **i) Desinfección:**

La desinfección del agua servida tratada es necesaria para obtener la calidad bacteriológica exigida. Se seleccionó un sistema de desinfección de las aguas servidas tratadas en base a cloración y posterior dechloración.

Contempla los siguientes elementos:

- Caseta de cloración
- Caseta de dechloración.
- Cámara de contacto.
- Sistema de dosificación de gas cloro (cloración) y dióxido de azufre (dechloración).

Este sistema es el más utilizado en el mundo para la desinfección, por su seguridad y bajo costo de inversión y operación.

La dosis de aplicación de cloro, en la etapa de desinfección del efluente, esta en el rango comprendido de 5 a 10 mg/L. Con dichas dosis se logra abatir la concentración de Coliformes Fecales bajo el límite establecido por la Norma D.S. N° 90/00 al lograrse una eficiencia de remoción de sólidos suspendidos del orden del 60%.

### **c) Tratamiento de Lodos:**

#### **i) Espesamiento**

Antes de proceder al tratamiento final de estabilización de los lodos, se procede al espesamiento de los lodos purgados desde el sedimentador. Así se obtiene:

- Concentración de los lodos antes de su conducción a la digestión, (en caso de contemplarse). El volumen de lodo a transportar o a tratar resulta mucho menor, con el consiguiente ahorro de volumen en los digestores (menores caudales a tratar y bombear, depósitos más pequeños, aparatos menos costosos).
- Mezcla y homogeneización de los lodos procedentes del sedimentador.

El mecanismo de funcionamiento del espesador es similar al de un decantador, la diferencia esta dada por las concentraciones iniciales de los sólidos en suspensión, muy superiores a las que se encuentran en el decantador.

Los mecanismos de recogida de lodos consisten en dispositivos dotados de rascadores profundos o piquetas verticales que remueven el lodo lentamente, promoviendo la apertura de canales para proporcionar la salida al agua sobrenadante y favoreciendo la densificación del lodo. El lodo espesado que se extrae desde el fondo del tanque se bombea a los digestores.

## **ii) Deshidratación de Lodos**

La deshidratación de los lodos se llevará a cabo mediante un sistema de filtro de banda, centrífuga, filtro de prensa o similar. Estos dispositivos tienen una alimentación continua que incluye acondicionamiento químico mediante polímeros o polielectrolitos, drenaje por gravedad y aplicación mecánica ya sea mediante presión o inducción de fuerzas para deshidratar el lodo. La humedad final que se obtendrá en el lodo, a la salida de estas unidades mecánicas, será de un 80%. El lodo, será dispuesto en una zona de acopio techada, ubicada al interior del recinto de la planta de tratamiento y con capacidad de almacenamiento, mínimo, de 6 meses.

## **iii) Dosificación con Cal**

Se contempla este proceso de estabilización del lodo. El propósito de dicho tratamiento consiste en elevar el nivel de pH en el lodo por encima de 12 durante un período mínimo de 2 hrs. Para inhibir la formación de microorganismos. Dicho proceso podrá ser mediante pre tratamiento (antes de la deshidratación) o post tratamiento (después de la deshidratación), ya sea mediante la aplicación de cal hidratada o cal viva.

## **d) Disposición del Efluente**

El efluente, producto del tratamiento de las aguas servidas de la localidad de Loncoche, será vertido al curso permanente del río Cruces, mediante una descarga en el borde del río, en tubería de 500 mm y con machón o protección con enrocado en la descarga.

## **2.2 PLANTA DE CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.**

### ***2.2.1. Descripción general***

La Planta de Celulosa Arauco y Constitución S.A. Planta Valdivia, es una instalación industrial para la fabricación de celulosa kraft blanqueada de pino radiata o eucalipto que se encuentra ubicada en la comuna de San José de la Mariquina, Provincia de Valdivia, X<sup>a</sup> Región de Los Lagos. La Planta fue aprobada ambientalmente mediante Resolución Exenta N°279/98 (modificada mediante Resoluciones Exentas N°377/05 y N°461/05) todas de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la X<sup>a</sup> Región), y entró en régimen de operación en el año 2004.

### ***2.2.2. Descripción planta de tratamiento de RILes***

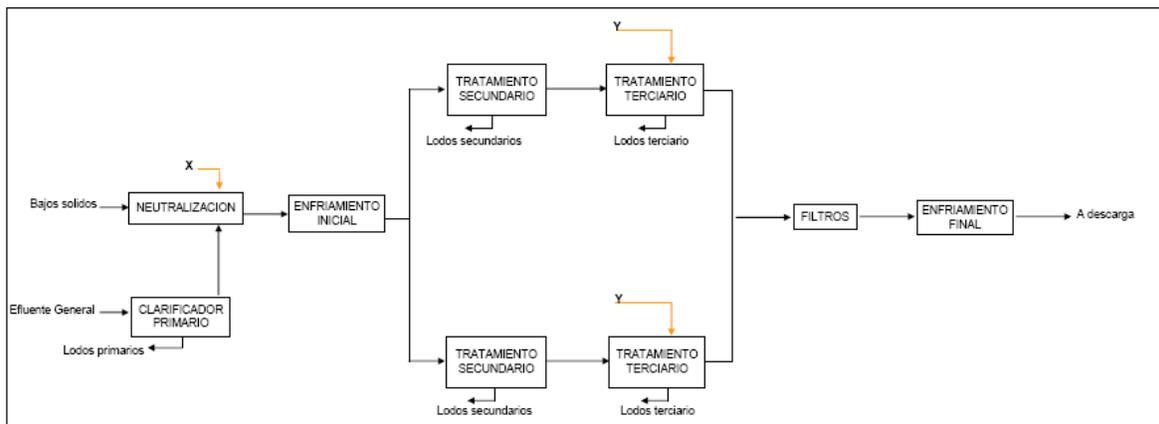
El Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales de Planta Valdivia, diferencia dos grandes corrientes: una denominada Efluente General (de mayor cantidad de sólidos) y la otra, Bajos Sólidos. La corriente Efluente General, es enviada al clarificador primario y luego conducida a la cámara de neutralización, donde se une a la corriente Bajos Sólidos.

La mezcla es bombeada al tratamiento secundario pasando eventualmente por torres de enfriamiento para bajar la temperatura del efluente que ingresa al tratamiento biológico; luego, por gravedad, el efluente es conducido al tratamiento terciario, y sigue hacia los filtros de mallas que corresponde a una última etapa de depuración.

Posteriormente, el efluente es bombeado hacia las torres de enfriamiento final, descargándose al río mediante un sistema emisario-difusor.

Además, el sistema de tratamiento de efluentes cuenta, como medida de seguridad, con una laguna de derrames, de manera de evitar que problemas operacionales o eventuales derrames pudieran afectar este sistema y/o ser descargados al río Cruces sin un tratamiento adecuado.

En la siguiente Figura se presenta un diagrama del sistema actual de tratamiento de efluentes de Planta Valdivia.



X: Insumos para el control de pH (soda - cal, ácido sulfúrico).

Y: Insumos para coagulación y floculación (sulfato de aluminio, polímeros).

**Figura 2.** Diagrama de Flujo del Sistema de Tratamiento de Efluentes – Operación Actual.

A continuación se especifican las operaciones unitarias con las que cuenta el sistema general de tratamiento de efluentes de Planta Valdivia:

#### a) Clarificador primario:

Instalación donde son manejados todos los efluentes que contienen sólidos suspendidos; esta corriente ha sido identificada con el nombre de Efluente General y proviene principalmente de:

- Caustificación.
- Preparación de madera.
- Máquina secadora.

- Canaletas abiertas en general, que conducen fluidos tales como agua de sello de equipos giratorios o aguas de lavado de las distintas áreas.
- Efluentes sanitarios.

En el clarificador primario se separan los sólidos suspendidos del efluente. Los sólidos retirados se denominan lodos primarios y consisten básicamente en fibra de celulosa, corteza, aserrín, polvo, entre otros. Por su parte, la corriente clarificada es enviada a la cámara de neutralización.

#### **b) Cámara de Neutralización:**

Instalación en que se une la corriente Bajos Sólidos, que proviene principalmente de la zona de blanqueo y evaporadores, con la corriente Efluente General, ya clarificada. En esta operación unitaria se regula el pH mediante la adición de ácido sulfúrico, hidróxido de sodio o cal, con el fin de ajustar el efluente a las condiciones necesarias para el correcto funcionamiento del tratamiento secundario.

#### **c) Torres de Enfriamiento:**

Instalación a la cual llega el efluente que es bombeado eventualmente desde la cámara de neutralización, con el propósito de reducir la temperatura de éste, ajustándolo a las condiciones adecuadas para el crecimiento de los microorganismos que forman parte del tratamiento secundario. Las torres de enfriamiento solamente se utilizan si es requerido, dependiendo de la temperatura del efluente proveniente de la cámara de neutralización.

#### **d) Tratamiento Secundario:**

En Planta Valdivia, el tratamiento secundario consiste en dos líneas de tratamiento, cada una con un reactor biológico de lodos activados y un clarificador secundario. Para asegurar el correcto funcionamiento del tratamiento secundario en el reactor biológico, al efluente se le inyecta aire, y se adicionan los nutrientes requeridos, fósforo y nitrógeno.

Posterior al reactor biológico, el efluente ya depurado es conducido al clarificador secundario donde se separan los lodos biológicos del efluente. Una parte de los lodos son recirculados al reactor biológico, para asegurar una adecuada remoción, y la diferencia es removida del sistema. Estos últimos son denominados lodos secundarios, los que son mezclados con los lodos primarios. Esta mezcla es enviada a prensado para disminuir su contenido de agua.

La mezcla de lodos primarios y secundarios, después de ser prensada, es enviada a la caldera de poder para aprovechar los beneficios de su poder calorífico y así darles un tratamiento adecuado, mediante un proceso de combustión eficiente.

El agua proveniente del desaguado es enviada de regreso al sistema de tratamiento de efluentes.

### **e) Tratamiento terciario:**

El efluente, ya clarificado y depurado en el tratamiento secundario, se envía al tratamiento terciario, en el cual se adicionan productos químicos (sulfato de aluminio y polímeros) con el objeto de abatir principalmente los parámetros de color y fósforo.

### **f) Filtros, enfriamiento final y descarga al río Cruces:**

Luego del tratamiento terciario, el efluente pasa por tres filtros de mallas para controlar los sólidos suspendidos después del tratamiento terciario, los que constituyen una última etapa de depuración. Posteriormente, el efluente es bombeado hacia las torres de enfriamiento final, y conducido mediante un emisario hasta su descarga en el río Cruces mediante un difusor.

## **2.3 LÁCTEOS VALDIVIA S.A.**

### **2.3.1. Descripción general**

La empresa Lácteos Valdivia Ltda., se encuentra ubicada en el Km. 20,5 del Camino Valdivia – San José de la Mariquina, Comuna de Valdivia, X Región. Específicamente al lado oriente del camino en el sector del Puente Cayumapu y al lado Norte de la derivación del camino hacia la localidad de Mafil.

La empresa láctea, produce dos tipos de queso, Gauda y Mantecoso. La leche pasteurizada va a la fabricación de queso. Esta leche se lleva tinas de alta capacidad, en las cuales se realiza el proceso de fermentación y cuajado del queso. Luego de esto, cada tina se vacía hacia la etapa de pre-prensado y presado de moldes. Una vez que los quesos se encuentran prensados entran a la etapa de salado para finalmente reposar e ir a maduración en cámaras refrigeradas diseñadas especialmente para este último proceso.

De la fabricación de queso se obtiene suero el cual contiene un 5,2 % de S.T., el cual es pasteurizado utilizando los mismos equipos de la pasteurización de la leche. Luego es almacenado para entrar al proceso de concentración del suero de queso, con lo cual se aumenta de un 5,2 % a 50 % los sólidos totales, y por último, este concentrado, se dirige al proceso de secado para la obtención de suero en polvo.

### **2.3.2. Descripción planta de tratamiento de RILes**

La planta de tratamiento de aguas residuales se basa en el sistema denominado Biofiltro Dinámico Aeróbico, Lombrifiltro o Sistema Tohá desarrollado en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y fue definida de forma de disponer de un sistema que produce un tratamiento efectivo de las aguas residuales.

El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Lácteos Valdivia Ltda. fué realizado considerando las siguientes condiciones:

Descarga Aguas Residuales Industriales:	150 m <sup>3</sup> /día.
DBO <sub>5</sub>	1.757 mg/l.
pH	7.4.
Sólidos Suspendidos Totales	450 mg/l.

Las tasas de diseño consideradas para el tratamiento de las aguas residuales de empresas lecheras dan como resultado un área de Lombrifiltro de aproximadamente 750 m<sup>2</sup> y, para tener holgura en casos de realizar mantenciones en sectores del módulo de Lombrifiltro se ha definido la implementación de un módulo de Lombrifiltro de 30 x 30 metros en que se ha separado una esquina de 6x6 metros para el tratamiento de las aguas servidas; es decir, se contará con una superficie efectiva de 864 m<sup>2</sup> en el caso de la planta para las aguas residuales industriales y 36 m<sup>2</sup> para el sub-módulo destinado al tratamiento de las aguas servidas.

Las distintas unidades que componen la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Lácteos Valdivia son las siguientes:

**a) Planta Elevadora N° 1:**

Dada la profundidad de las tuberías de descarga de las aguas residuales, se ha definido la implementación de una primera planta elevadora destinada a elevar las aguas residuales hacia la cámara desgrasadora, destinada a reducir el nivel de aceites y grasas de las mismas.

Esta Planta elevadora cuenta con dos equipos motobomba que funcionarán en forma automatizada y que cumplen con los siguientes puntos de operación: caudal de bombeo: 6 l/s y altura dinámica: 7 m.c.a.

Las motobombas están emplazadas dentro de una caseta metálica destinada a protegerlas de la intemperie.

**b) Cámara Desgrasadora:**

Como se indicó anteriormente, se consideró la implementación de una cámara desgrasadora destinada a reducir el nivel de aceites y grasas de las aguas residuales. La cámara desgrasadora tiene 4 compartimientos destinados a la flotación de las grasas y las dimensiones totales son de 8x2x2 metros.

**c) Sistema de Neutralización de pH:**

Dado que los procesos de lavado de equipos involucran el uso de productos que se traducen en importantes fluctuaciones de pH, se consideró la implementación de un sistema de neutralización previo al módulo de Lombrifiltro.

El sistema de neutralización de pH considera un pozo de hormigón de 3x2x2 metros y un equipo de medición de pH y dos bombas dosificadoras de soda y ácido. El sistema opera en

forma automática de forma de mantener los valores de pH en un rango de 5.5 a 8.5, que corresponde al rango óptimo de funcionamiento del sistema de Lombrifiltro.

El agua tratada por el sistema de Lombrifiltro presenta valores de pH cercanos al valor neutro y dentro de los rangos exigidos por las normas.

#### **d) Planta Impulsión hacia Lombrifiltro:**

Para el diseño del sistema de tratamiento, uno de los aspectos claves es el regado uniforme de las aguas residuales sobre el lecho del lombrifiltro; es por esto que se implementó una planta elevadora destinada a impulsar el agua hacia la red de regadores que tendrán la finalidad del riego uniforme del sistema.

El estanque de acumulación de la planta elevadora de impulsión hacia el módulo de Lombrifiltro corresponde al estanque de neutralización de pH ya que en este, además de producirse la neutralización en caso de tener valores de pH fuera de los rangos requeridos por el sistema, se acumulan las aguas para ser bombeadas hacia el módulo de Lombrifiltro.

La Planta Elevadora y el sistema de neutralización quedan emplazados dentro de un galpón de 4x5 metros destinado al emplazamiento de los equipos. La Planta Elevadora cuenta con dos equipos motobomba que funcionan en forma automatizada y que cumplen con los siguientes puntos de operación: caudal de bombeo: 6 l/s; Altura dinámica: 10 m.c.a.

#### **e) Módulo de Lombrifiltro:**

Este es el elemento principal del sistema de tratamiento, su función es la de retener la materia orgánica presente en el agua residual, generar un agua a la salida con muy baja turbiedad y contener los microorganismos y lombrices encargadas de consumir la materia retenida.

Como se expuso anteriormente, el sistema fue diseñado considerando un módulo de 30x30 metros construido en base a muros de albañilería confinada, en el que se aísla una esquina de 6x6 metros destinada al tratamiento de las aguas servidas domésticas de la empresa.

El sistema de estratos de los que se compone el filtro hacen posible el caminar sobre el mismo, sólo debe tenerse la precaución de detener el funcionamiento de los equipos de bombeo o de hacerlo en los momentos de llegada de caudales bajos (mayores tiempos de ciclo de los equipos de bombeo) y, adicionalmente, horquetear las zonas en las que se pisó y así no compactar en forma excesiva la superficie del lecho.

#### **f) Red de Riego:**

Para lograr un óptimo proceso de tratamiento, el módulo de Lombrifiltro es regado de la manera más pareja posible, de esta forma se retiene en toda la superficie del módulo la materia orgánica sin zonas inundadas ni secas.

Para lograr este objetivo se definió la instalación de una red de riego que utilizan regadores del tipo Wobbler distribuidos de forma de regar uniformemente toda el área del módulo.

La red de riego considera la utilización de 24 regadores que se disponen en el centro de sectores de aproximadamente 6 m de lado. De acuerdo con las condiciones específicas de estos regadores, para un diámetro de 6 m se tiene un caudal de riego de aproximadamente 0.23 a 0.25 l/s; por lo tanto, la red de 24 regadores evacua un caudal de aproximadamente de 6 l/s totales.

Los regadores utilizados se caracterizan porque el riego del agua se produce con una trayectoria baja y un prácticamente nulo arrastre por viento; a diferencia de los aspersores utilizados en el riego agrícola que se caracterizan por altas trayectorias del chorro de agua y gran arrastre de partículas por el viento.

Adicionalmente, se ha definido que los sectores regados por cada regador sean de un radio de 3 metros y operan con una presión de trabajo de 2.5 a 3 m.c.a.; mientras que los aspersores comunes trabajan con presiones mayores a 15 m.c.a.

#### **g) Evacuación de Aguas Tratadas:**

Las aguas tratadas por el módulo de Lombrifiltro son descargadas hacia la cámara de muestreo destinada a la toma de muestras para verificar el cumplimiento de los resultados del sistema y posteriormente se descargan las aguas en la cámara de inspección indicada en plano adjunto que corresponde al sistema de evacuación actual de la empresa y que seguirá siendo utilizado, pero en la descarga de las aguas que serán tratadas por el sistema actualmente presentado.

### **2.4. ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS SERVIDAS DE VALDIVIA (EDAS).**

#### **2.4.1. Descripción General**

La estación depuradora de aguas servidas (EDAS) de la ciudad de Valdivia se encuentra ubicada aguas abajo de la ciudad, en el sector Angachilla. El terreno tiene una superficie aproximada de 4,9 há, de los cuales 1,7 há son ocupadas por las instalaciones de la EDAS. La planta consiste en un tratamiento primario con desinfección, la cual garantiza efluentes compatibles con el cuerpo receptor. El proceso de tratamiento consiste básicamente en la eliminación de los sólidos suspendidos de las aguas servidas mediante procesos físicos de decantación, proceso en el cual se remueve un 30 % de la DBO<sub>5</sub> y un 65 % de los sólidos

en suspensión. Para reducir la concentración de los organismos coliformes fecales, se considera una desinfección con cloro en el efluente.

La descarga se realiza a través de un conducto subacuático de polietileno de alta densidad de 180 m de longitud. El tubo, de 900 mm de diámetro, cuenta con 25 difusores situados sobre un diámetro del conducto y dispuestos al tresbolillo. El tubo nace en una cámara de carga y se encuentra anclado al fondo del río.

## ***2.4.2. Descripción del Proceso de Tratamiento de Aguas Servidas***

### ***Línea de Aguas***

#### **a) Pretratamiento**

Tiene por objetivo la eliminación de los sólidos flotantes, así como también las arenas y grasas cuya presencia en el agua servida dificultaría el funcionamiento del resto de los procesos de la EDAS.

A continuación se describen brevemente las diferentes operaciones:

#### **Cámara de llegada**

El agua ingresa a la EDAS a través de esta cámara, la que recibe la totalidad de las aguas servidas producidas hoy en la ciudad. Su objeto es atenuar las variaciones de los caudales procedentes de los bombeos de la red de alcantarillado, de manera que se asegure un funcionamiento más homogéneo de las instalaciones. La cámara de llegada está construida en hormigón armado.

Cuenta con un “by-pass” general de la planta, y en ella se ha previsto considerar un tiempo de residencia hidráulico a caudal máximo de 5 minutos.

#### **Desbaste de sólidos**

El Desbaste de sólidos tiene por objeto retener y evacuar la mayor cantidad posible de materias. El proceso consiste en hacer pasar el agua a través de dos canales, los que presentan en su interior un conjunto de rejillas. El sistema considera la instalación de rejillas de desbaste de gruesos, con barras que tienen un espacio entre platinas de 30 mm y además, rejillas de desbaste de finos, cuyas barras tienen un paso de luz de 3 mm. Así mismo, existe un “by-pass” dotado de una rejilla de limpieza manual. Los barros de las rejillas de desbaste de gruesos y finos son de acero inoxidable y limpieza automática.

El desbaste presenta además, una cinta transportadora automática, que permite vaciar todos los residuos retenidos al sistema de prensado, reduciendo así el nivel de los desechos generados. Posteriormente, estos residuos son evacuados a un contenedor cerrado y desde allí a su disposición final en vertedero.

## **Desarenado - desengrasado**

Esta unidad cumple un doble objetivo, por un lado extraer de las aguas la mayor cantidad de partículas de alta velocidad de sedimentación, tales como arena, grava y otras materias minerales, y, por otro, eliminar las grasas, espumas y demás materiales flotantes más ligeras que el agua y que de no eliminarse podrían ser evacuadas junto con el agua tratada o alcanzar el tratamiento de los fangos y provocar alteraciones en el proceso y/o producción de olor.

El estanque donde se realiza la operación combinada de desarenado - desengrasado son unidades aireadas mediante la inyección de aire a través de difusores de burbuja fina. El sistema cuenta con un compresor por cada línea, los que se encuentran montados sobre cabinas insonorizadas y en un edificio que cuenta con aislación acústica. El desarenado - desengrasado se realiza mediante dos líneas que están dotadas de un "by-pass". Ambas unidades son ejecutadas en hormigón armado.

Estas cámaras cuentan con una zona de tranquilidad para que se produzca la acumulación de los flotantes en su superficie y su posterior arrastre con rasqueta a través de un barrido superficial. De esta forma, las grasas y flotantes extraídos se concentran mediante un equipo especialmente diseñado al efecto, para seguidamente ser almacenadas en un depósito cerrado.

En los puentes móviles de los desarenadores irán montadas bombas verticales de rodete desplazado con el propósito de extraer la suspensión agua - arena desde el fondo y enviarlas a una unidad lavadora - clasificadora de arenas y desde allí a un contenedor cerrado de 5m<sup>3</sup>.

## **Medición de caudal del agua pretratada**

A la salida del pretratamiento se dispone de un sistema de medida de caudal. El caudalímetro se ubica dentro de una cámara de hormigón armado.

### **b) Tratamiento Primario**

Su objetivo es la eliminación de los sólidos suspendidos presentes en las aguas servidas. La Planta EDAS cuenta con dos líneas independientes de decantadores circulares de hormigón armado. Sus dimensiones son 25 m de diámetro y 3 m de profundidad. La llegada del agua a los sedimentadores, se realiza mediante una cámara de reparto que permite independizar cada uno de ellos; se dispone además de un by-pass y compuertas de aislamiento de los decantadores.

Este tipo de tratamiento aprovecha dos métodos de separación:

**Sedimentación:** método cuyo resultado es la separación de los sólidos suspendidos del agua por efecto de la gravedad. Los sólidos depositados en el fondo se conducen hacia la parte central del sistema mediante un sistema de rasquetas de fondo que conducen los sólidos hasta el punto de salida.

**Flotación:** método para la eliminación de los sólidos suspendidos de baja densidad. Estos se evacúan a través de un dispositivo especial dispuesto sobre la superficie de la unidad hasta el concentrador de grasas.

### **i) Desinfección del efluente**

El agua procedente de los sedimentadores primarios se somete a un proceso de desinfección con el propósito de disminuir la carga bacteriológica. El agente químico que se emplea es cloro gas. La aplicación se realiza en dos laboratorios independientes de cloración construidos en hormigón armado, con lo que se garantiza una concentración de coliformes fecales a la salida inferior a 105 NMP por 100 mL.

El proceso tiene un sistema de regulación automática en función del caudal de agua a tratar, conforme a la señal emitida por el respectivo medidor. El sistema antes descrito se ubica en un edificio especialmente acondicionado, que alberga todas las instalaciones necesarias para su funcionamiento.

Como se manipula una sustancia tóxica, se consideran las normas de seguridad exigibles, vale decir: alarma de presencia de cloro en el ambiente; extractores para bajo contenido de cloro en el aire; torres de absorción usando sosa cáustica para neutralización; control de temperatura en las zonas de dosificación para evitar congelamiento; trajes anti-cloro, máscaras y equipos de respiración autónoma, duchas de seguridad y lavaojos ubicados en lugares convenientes.

### **ii) Disposición del agua**

La disposición del agua tratada hasta el río Valdivia se realiza desde una cámara final, hasta donde llega (asimismo, la línea de “by-pass” general). En la salida del agua tratada se tiene previsto un medidor de caudal de tipo electromagnético.

## **Línea de Fangos**

Los fangos separados en los sedimentadores se purgan mediante válvulas automáticas hasta una cámara de almacenamiento. Estos fangos presentan dos características básicas que obligan a su tratamiento posterior:

- Tienen un alto contenido en materia orgánica putrescible, por lo que no pueden ser evacuados de cualquier forma, ya que darían lugar a fermentaciones en un corto tiempo con los consiguientes problemas de olor, contaminación de suelos, infiltración, etc.
- Poseen un elevado contenido en humedad, lo que hace que su volumen sea muy grande, incrementándose los costos de transporte y disposición.
- De acuerdo con lo anterior, la EDAS contempla toda una línea de tratamiento para estos fangos que apunta a resolver los dos problemas enunciados precedentemente que a continuación se describen :

### **1) Estabilización de los fangos**

El proceso de estabilización de los fangos empleado consiste en añadir lechada de cal al fango, en cantidad suficiente para alcanzar un pH de 12 o mayor. Las condiciones creadas por este alto pH no son adecuadas para la supervivencia de la mayoría de los microorganismos; en consecuencia, el fango no sufre putrefacción, no desprende olor ni constituye un peligro sanitario.

La estabilización del fango en estas condiciones garantiza, según USEPA (Norma EPA 40-CFR 501-503, 1989), la obtención de fango con concentraciones microbianas inferiores a 1000 NMP/g SST y es además aceptado por este Organismo Internacional como un sistema efectivo para la reducción de vectores sanitarios.

### **2) Espesamiento de los fangos**

El espesado permite aumentar el contenido de sólidos del fango por eliminación de parte de la fracción líquida. Lo anterior se consigue principalmente por acción de la gravedad, al sedimentar las partículas más densas. El espesado se realiza en un tanque cilíndrico de fondo troncocónico, de 8 m de diámetro interior, ejecutado en hormigón y cubierto para evitar olores desagradables. Cuenta además, con un sistema de medición de nivel.

Los rebalses del espesador se conducen a la cabecera de la planta para su tratamiento, a través de la línea de vaciados de la instalación. A ésta también se conecta el vaciado del espesador.

### **3) Almacenamiento de fangos**

Los fangos concentrados en la etapa anterior son almacenados en un estanque de acumulación, fabricado en hormigón armado, con capacidad para almacenar la producción de fangos durante tres días. A esta instalación llegarán, en el futuro, los fangos secundarios procedentes del sistema de flotación, por lo que su diseño está concebido como estanque de almacenamiento y mezcla.

El estanque va cerrado para evitar malos olores y está dotado de un sistema de agitación. Desde este estanque se bombearán los fangos hasta la etapa de deshidratación.

### **4) Deshidratación de fangos**

Los fangos de la EDAS son deshidratados de manera que aumente el porcentaje de materia seca reduciendo su volumen. El sistema de deshidratación de la EDAS utiliza una centrífuga, la que consiste esencialmente en un tambor cilindro - cónico de eje horizontal girando a gran velocidad. Así mismo, se agrega polielectrolito al fango con el objetivo de mejorar el rendimiento de deshidratación, obteniéndose una sequedad aproximada de los fangos entre el 23 y 25 %.

Posteriormente, los fangos secos son transportados mediante cinta transportadora hasta un contenedor de almacenamiento con capacidad mínima de almacenamiento de 5 días. Las

instalaciones de deshidratación se ubican en un edificio con sistema de captación y tratamiento de olores, mediante filtros de carbón activado.

Se dispone de una báscula de pesaje a la salida de la planta para el control del traslado de los fangos de la Estación Depuradora hasta su disposición final en vertedero.

## **2.5. SANTUARIO DE LA NATURALEZA CARLOS ANDWANTER**

El santuario corresponde a una reserva acuática de aprox. 4.877 hectáreas, ubicado en el sector terminal del río Cruces. Su protección legal bajo la categoría de santuario de la naturaleza data de 1981 y, el mismo año ingresa a la nómina de la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (Convención Ramsar), convirtiéndose en el primer sitio de Chile protegido bajo este esquema, el cual protege las zonas húmedas, especialmente las que sirven como hábitat de aves acuáticas .

El río Cruces se origina en la vertiente occidental de los cerros situados entre los lagos Villarrica y Calafquén. Drena un área de 3.233 km<sup>2</sup> en la depresión de San José en la parte norte de la provincia de Valdivia, con una longitud de casi 125 km., en cuyo recorrido pasa por las ciudades de Loncoche, Lanco y San José de la Mariquina. De acuerdo con la estadística del período 1961-1996, el río Cruces, tiene un caudal medio anual de 192,7 m<sup>3</sup>/s, con una fuerte variación estacional, respondiendo al régimen pluvial. En invierno el caudal medio es de 113,6 m<sup>3</sup>/s, mientras que en verano es de 20 m<sup>3</sup>/s. Marzo es el mes más seco, con 1,1654 m<sup>3</sup>/s. Para evaluar el impacto de la descarga de efluentes, el criterio adoptado intencionalmente es el del caudal mínimo de 7 días consecutivos en un lapso de 10 años (7Q10), el que en el río Cruces resulta ser de 117,3 m<sup>3</sup>/s. Sus principales afluentes son los ríos Purulón, Naninhue, San Antonio, Cudico, Pichoy, Cayumapu, Chorocamayo y otros esteros menores.

La cuenca del río Cruces es principalmente de uso agropecuario (54% de la superficie), con algo menos de un tercio de bosque nativo (27%), 14,5 % ocupada por plantaciones exóticas y un restante 4,5% por matorrales, humedales y áreas urbanas. A pesar de que se conocen una variada gama de actividades que ejercen presión sobre el sistema hídrico en la cuenca del río Cruces (ganadería, extracción de áridos, abastecimiento de agua, embarcaciones motorizadas, descarga de efluentes domésticos e industriales), los datos de la Dirección General de Aguas (DGA), indican que la cuenca posee en general una buena calidad.

### **3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS EFLUENTES**

En la Tabla 1 se entregan las características físico-químicas de los cuatro efluentes evaluados, de acuerdo a las mediciones realizadas en mayo de 2006 para A.S. Loncoche, Lácteos Valdivia Ltda. y EDAS S.A., más la caracterización del efluente de CELCO Planta Valdivia correspondiente a valores obtenidos en abril de 2007. En ella es posible observar que parámetros tales como la temperatura y pH cumplen la normativa de emisión, exceptuando el pH del efluente de Lácteos Valdivia.

Una revisión de los parámetros inorgánicos tales como Cianuro, Cromo Hexavalente, Arsénico, Boro, Cadmio, Cobre, Fluor, Fierro, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Selenio, Zinc muestran concentraciones bajo la normativa D.S. 90/2000, considerando la condición más restrictiva de descarga, esto es descarga a un cuerpo receptor sin capacidad de dilución. Es importante destacar que no se registró la presencia de Tolueno y Xileno en ninguno de los efluentes, pero sin embargo, se detectó la presencia de tricloroeteno y triclorometano, en bajas concentraciones y dentro de lo permitido por el D.S. 90/2000.

El efluente de Lácteos Valdivia presenta niveles de sólidos suspendidos, grasas y aceites y DBO<sub>5</sub> que sobrepasan lo establecido en la Tabla N°3 D.S. 90/2000, para emisiones que descargan a residuos líquidos a cuerpos de agua lacustre. Otro aspecto importante a considerar en este efluente, es la concentración de nutrientes, ya que tanto el nitrógeno, medido como Nitrógeno Total Kjeldahl y el fósforo, como fósforo total, sobrepasa la normativa para emisiones de descarga a un cuerpo receptor sin capacidad de dilución.

Finalmente, es importante señalar planta de tratamiento de aguas servidas de Valdivia (EDAS) presenta muy buena eficiencia de desinfección, prueba de ello son los valores de coliformes fecales (2 NMP/100 ml). Mientras que el sistema de tratamiento terciario A.S. Loncoche, parece no ser tan efectivo, debido a que se registran niveles sobre los 160000 NMP/100 ml en su efluente.

Adicionalmente se han incorporado los valores de los parámetros de la Planta de Celulosa Arauco y Constitución S.A. Planta Valdivia cuyos valores son indicados en la Tabla 1. La caracterización de este efluente muestra que es un efluente con un tratamiento muy eficiente de la carga orgánica lo cual se verifica por el bajo valor de DBO<sub>5</sub> observado. También resaltan las concentraciones de fósforo y nitrógeno con valores bajos. Por otro lado, el efluente presente valores relativamente altos de cloruro y sulfato los cuales, sin embargo, se encuentran por debajo de lo exigido por el DS90.

**Tabla 1.** Parámetros físico-químicos de las tres descargas evaluadas.

PARAMETROS	TABLA N° 1 DS 90	TABLA N° 2 DS 90	A. S. Loncoche	Lácteos Valdivia	EDAS	CELCO Valdivia (1)
Aluminio mg/L	5,0	10,0	1,29	1,78	0,680	0,860
Arsénico mg/L	0,5	1,0	0,0036	0,0014	0,0044	< 0,0005
Boro mg/L	0,75	3,0	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Cadmio mg/L	0,01	0,3	<0,002	<0,002	<0,002	0,001
Cianuro mg/L	0,2	1,0	0,0013	0,0010	0,0036	< 0,0009
Cloro Libre Residual mg/L	---	---	< 0,01	0,03	0,06	< 0,2
Cloruro mg/L	400	2000	43,2	113,4	57,8	232,4
Cobre mg/L	1,0	3,0	0,047	0,014	0,032	< 0,005
Coliformes fecales NMP/100 ml	1000	1000	>160000	110000	2,0	< 2
Cromo mg/L	---	---	<0,005	<0,005	<0,005	< 0,005
Cromo VI mg/L	0,05	0,2	<0,005	<0,005	<0,005	---
DBO <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /L	35	300	129,0	2810,0	33,0	< 2,0
Flúor mg/L	1,5	5,0	0,32	< 0,20	0,46	< 0,20
Fósforo Soluble mg/L	---	---	4,47	8,33	4,02	< 0,015
Fósforo Total mg/L	10,0	15,0	6,85	17,99	6,35	< 0,015
Grasas y Aceites mg/L	20	50	37,9	293,6	13,8	---
Hidrocarburos Fijos mg/L	10	50	<10,0	20,3	<10,0	---
Hierro Disuelto mg/L	5,0	10	0,194	1,131	0,374	0,006
Índice de Fenol mg/L	0,5	1,0	0,008	0,017	< 0,001	0,0031
Manganeso mg/L	0,3	3,0	0,102	0,265	0,195	0,017
Mercurio mg/L	0,0001	0,01	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Molibdeno mg/L	1,0	2,5	<0,06	<0,06	<0,06	<0,005
Níquel mg/L	0,2	3,0	<0,003	0,014	0,007	0,011
Nitrógeno Amoniacal mgN/L	---	---	29,14	2,60	23,6	0,17
Nitrógeno Total Kjeldahl mg NTK/L	50	75	41,66	101,95	27,6	0,68
Pentaclorofenol mg/L	0,009	0,01	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
pH (2)	6,0 - 8,5	6,0 - 8,5	7,1	8,7	7,0	6,5-
Poder Espumógeno mm	7,0	7,0	1,0	1,0	1,0	---
Selenio mg/L	0,01	0,1	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Sólidos Suspendidos Totales mg/L	80,0	300,0	80,7	391,0	74,5	10,4
Sulfato mg/L	1000	2000	24,1	19,6	32,8	612,0
Sulfuro mg/L	1,0	10,0	0,90	< 0,01	< 0,01	---
Temperatura °C (2)	35,0	40,0	12,7	20,5	14,8	26,6-
Tetracloroetano mg/L	0,04	0,4	0,004	0,002	< 0,001	---

Continuación Tabla N°1. Parámetros físico-químicos de las tres descargas evaluadas.

PARAMETROS	TABLA N° 1 DS 90	TABLA N° 2 DS 90	A. S. Loncoche	Lácteos Valdivia	EDAS	CELCO Valdivia
Tolueno mg/L	0,7	7,0	<0,01	< 0,01	< 0,01	---
Triclorometano mg/L	0,2	0,5	0,024	0,114	< 0,001	---
Xileno mg/L	0,5	5,0	<0,01	< 0,01	< 0,01	---
Zinc mg/L	3,0	20,0	0,083	0,075	0,061	0,026

- (1). Valores obtenidos del Informe 232/2007 con fecha de muestreo correspondiente al 12/04/07 emitido por Laboratorio de Química Ambiental del Centro EULA-Chile.
- (2). Valores obtenidos del segundo informe trimestral (en preparación) de CELCO a CONAMA Valdivia.