



ESTUDIO

DIMENSIONAMIENTO Y VALORIZACION DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE LA EMPRESA AGUAS CHAÑAR S.A. PROCESO TARIFARIO 2014-2019

INFORME FINAL.

**SANTIAGO DE CHILE
ENERO DE 2014.**

ESTUDIO

DIMENSIONAMIENTO Y VALORIZACION DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE LA EMPRESA AGUAS CHAÑAR S.A. PROCESO TARIFARIO 2014-2019

INFORME FINAL.

INDICE

	PAG.
1.- INTRODUCCIÓN.	1
2.- RESUMEN DE LAS BASES DE CÁLCULO DE LAS LOCALIDADES.	3
2.1.- RECOPIACIÓN Y EVALUACIÓN DE ANTECEDENTES.	3
2.2.- ADOPCION DE LAS BASES DE CÁLCULO.	4
2.2.1.- POBLACIÓN Y CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS DOMESTICAS.	4
2.2.2.- CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.	7
2.2.3.- RESUMEN DE POBLACION Y CARGA ORGANICA DE LAS AGUAS SERVIDAS DOMESTICAS.	8
2.2.4.- APORTES DE RILES.	8
2.2.5.- RESUMEN DE CAUDAL, CARGAS Y CONCENTRACION DE DISEÑO.	10
2.2.6.- CALIDAD DEL EFLUENTE PARA DAR CUMPLIMIENTO AL DS 90/00.	11
3.- ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO A EVALUAR.	13
3.1.- LODOS ACTIVADOS.	14
3.2.- LAGUNAS AERADAS.	16
3.2.1.- LAGUNAS AERADAS A MEZCLA COMPLETA.	16
3.2.2.- LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.	18
3.2.3.- ANALISIS DEL GRADO DE REMOCION DE LAS LAGUNAS AERADAS Y EL CUMPLIMIENTO DEL DS 90/00.	20
3.3.- LOMBRIFILTRO.	27
4.- DEFINICIÓN DEL TIPO DE TRATAMIENTO A ADOPTAR.	28
5.- CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS SOLUCIONES DE TRATAM. ADOPTADAS.	29
5.1.- CONDICIONES DE BORDE.	29
5.2.- CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.	30
5.2.1.- COMPONENTES UNITARIAS COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS.	30
5.2.1.1.- TRATAMIENTO PRELIMINAR.	30
5.2.1.2.- DESINFECCIÓN.	30
5.2.1.3.- DESHIDRATACIÓN Y DISPOSICIÓN DE LODOS.	30
5.2.1.4.- OBRAS ELÉCTRICAS Y DE CONTROL.	31
5.2.1.5.- EDIFICACIONES Y OBRAS DE URBANIZACIÓN.	31
5.2.2.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO.	32
5.2.2.1.- LODOS ACTIVADOS.	32
5.2.2.2.- LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.	36
5.2.2.3.- LOMBRIFILTRO.	41

6.-	DIMENSIONAMIENTO Y VALORIZACION DE LAS PTAS.	42
6.1.-	DIMENSIONAMIENTO DE LA PTAS.	43
6.2.-	VALORIZACION DE LOS COSTOS DE INVERSION DE LA PTAS.	43
6.3.-	COSTOS DE OPERACIÓN.	46
6.4.-	MANTENCION DE LA PTAS.	52
6.5.-	REQUERIMIENTOS DE TERRENO.	52
7.-	ESTRUCTURA DE LA HERRAMIENTA DE DIMENSIONAM. Y VALORIZACIÓN DE LAS PTAS.	52
7.1.-	DIMENSIONAMIENTO Y CUBICACIONES DE LAS OBRAS DE LA PTAS.	52
7.2.-	VALORIZACIÓN DE LA PTAS.	53
7.2.1.-	OBRAS CIVILES.	54
7.2.2.-	EQUIPOS.	54
8.-	COSTOS DE INVERSION.	54
8.1.-	COSTOS DE INVERSION DE LAS PTAS.	54
8.2.-	COSTOS DE SINGULARIDADES.	83
8.3.	CARÁCTERISTICAS Y COSTOS DE INFRAESTRUCTURA DE APOYO.	83
9.-	REQUERIMIENTOS DE TERRENO.	84
10.-	COSTOS DE OPERACIÓN DE LAS PTAS.	85
10.1.-	COSTOS FIJOS.	85
10.1.1.-	PERSONAL DE OPERACIÓN Y MANTENCION.	85
10.1.2.-	SERVICIOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE PROCESO.	85
10.2.-	COSTOS VARIABLES.	86
10.2.1.-	ENERGIA ELECTRICA.	86
10.2.2.-	REACTIVOS.	87
10.2.3.-	TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE LODOS.	91

ANEXOS

- ANEXO N° 1 RAZONES DE DISEÑO
- ANEXO N° 2 APORTE DE RILES
- ANEXO N° 3 CONTRATOS Y COSTOS TRANSPORTE Y DISPOSICION DE LODOS
- ANEXO N° 4 COTIZACION TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS DE LABORATORIO
- ANEXO N° 5 RCAs
- ANEXO N° 6 MANTENIMIENTO PTAS
- ANEXO N° 7 COTIZACION DE EQUIPOS
- ANEXO N° 8 DIMENSIONAMIENTO Y VALORIZACION PTAS
- ANEXO N° 9 LAY OUT PTAS

ESTUDIO

DIMENSIONAMIENTO Y VALORIZACION DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE LA EMPRESA AGUAS CHAÑAR S.A. PROCESO TARIFARIO 2014-2019

INFORME FINAL.

1.- INTRODUCCIÓN.

El presente documento corresponde a parte del “Estudio Tarifario de la Empresa AGUAS CHAÑAR S.A.”, realizado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, y tiene por objeto determinar los cargos tarifarios aplicables a la provisión de los servicios de tratamiento y disposición de aguas servidas de las localidades de la Empresa.

En el presente Informe se presentan los Costos de Inversión y Operación y Mantenimiento de dichas PTAS requeridos para el cálculo de la tarifa del período tarifario (2014 – 2019) por dicho concepto, obtenidos de acuerdo con la normativa vigente y según las Bases Definitivas del Estudio Tarifario elaboradas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Conceptualmente, dichos costos corresponderían a los que existirían en un mercado perfectamente competitivo sin distorsiones, es decir, un precio eficiente desde el punto de vista de la asignación de recursos considerando la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) modelo que inicia sus operaciones en un mercado perfectamente competitivo, cuyo dimensionamiento y nivel de eficiencia son óptimos.

Por tanto, la PTAS modelo es una construcción teórica en el sentido de que difiere de la empresa real y debe cumplir dos requisitos básicos.

- Eficiencia propia de un mercado competitivo, asociada a una inversión eficiente en función de la expansión óptima para la demanda que la legislación define y una operación eficiente que permita satisfacer la demanda al mínimo costo.
- Viabilidad asociada a que correspondiendo la PTAS modelo a una elaboración teórica, debe ser viable de construirse y operar en la realidad, representando una modelación técnica factible que permite satisfacer la demanda pertinente en el marco de las normas vigentes y las tecnologías existentes.

Las fuentes de información para el diseño de las PTAS modelo pueden resumirse del siguiente modo.

- Diseños de Ingeniería
- Modelamientos y soluciones reales observadas en los servicios sanitarios que se encuentran en operación en el país.
- Experiencias internacionales.
- Optimizaciones de lo existente excluyendo ineficiencias observadas en la empresa real (duplicidad, sobredimensionamiento, etc.).

En lo referido al Marco Regulatorio relacionado con el presente estudio, las “Bases Definitivas del Estudio Tarifario AGUAS CHAÑAR S.A., Período 2014 – 2019” especifican los elementos componentes de la infraestructura sanitaria que deben ser considerados para la construcción del Sistema Tipo. En particular, para la etapa de Disposición de Aguas Servidas, se detallan los siguientes.

- Obras de Elevación.
- Emisarios Terrestres.
- Emisarios Submarinos.
- Plantas de Tratamiento.

El elemento componente de interés del presente estudio lo constituyen las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (excluyendo la infraestructura sanitaria de Conducción de Aguas Servidas previa al Tratamiento, las Plantas Elevadoras de Aguas Servidas (PEAS), Impulsiones, Emisarios de llegada y Colectores de Descarga al curso receptor) y Obras Especiales asociadas.

A la luz de lo anterior, el presente Informe corresponde a la definición y dimensionamiento de los Sistemas Tipo de Tratamiento de Aguas Servidas de AGUAS CHAÑAR y sus consecuentes valorizaciones en término de los Costos de Inversión y Operación y Mantenimiento asociados.

El estudio comprende en definitiva la determinación de los Sistemas Tipo de Tratamiento de Aguas Servidas de las localidades de la III Región, lo que involucra 8 localidades, de acuerdo al siguiente detalle.

Caldera	Freirina
Copiapó	Inca de Oro
Diego de Almagro	Tierra Amarilla
El Salado	Vallenar

A objeto de visualizar el marco global del estudio, se presenta a continuación el listado de los sistemas ordenados de acuerdo al Tipo de Tratamiento de Aguas Servidas existente.

TIPO DE TRATAMIENTO	SISTEMA
Lodos Activados	Copiapó
	Diego de Almagro
	Freirina
	Tierra Amarilla
Laguna Aeradas	Caldera
	Vallenar
Lombrifiltro	El Salado
Sin Tratamiento	Inca de Oro

2.- RESUMEN DE LAS BASES DE CÁLCULO DE LAS LOCALIDADES.

A objeto de enmarcar el objetivo de este estudio en los requerimientos específicos de las localidades de AGUAS CHAÑAR, se presenta a continuación un resumen de las Bases de Cálculo de las mismas.

2.1.- RECOPIACIÓN Y EVALUACIÓN DE ANTECEDENTES.

La primera actividad del estudio consistió en efectuar la Recopilación de todos los Antecedentes necesarios, de los cuales los más importantes pueden resumirse de acuerdo al siguiente detalle.

- Bases Definitivas del VI Proceso Tarifario de AGUAS CHAÑAR S. A., 2013, SISS.
- Base de Infraestructura PTAS a Diciembre del 2012, SISS.
- Variables operacionales mensuales de PTAS (consumo de energía, VDM, consumo de cloro, consumo de polímeros, generación de lodos o residuos sólidos, etc.) informados por la empresa sanitaria a través de los procesos periódicos de información a la SISS para el período 2010 – 2012 (PR - 23).
- Parámetros de Calidad mensuales de PTAS informados por la empresa sanitaria a través de los procesos periódicos de información a la SISS para el período 2010 – 2012 (PR - 23).
- Informes de descarga de RILES a redes de alcantarillado, informados por la empresa sanitaria a través de los procesos periódicos de información a la SISS para el período 2010 – 2012 (PROCOF).
- Resolución de Calificación Ambiental de las PTAS de AGUAS CHAÑAR S.A.

2.2.- ADOPCION DE LAS BASES DE CÁLCULO.

Una vez recopilados y evaluados los antecedentes señalados anteriormente, se procedió a la adopción de las Bases de Cálculo para las localidades de AGUAS CHAÑAR S.A, las que obedecen al siguiente detalle.

2.2.1.- POBLACIÓN Y CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS DOMESTICAS.

Considerando las condiciones de borde establecidas en las Bases Definitivas del Estudio Tarifario AGUAS CHAÑAR S.A. Período 2014 – 2019 de la SISS y la Demanda para Autofinanciamiento del Sistema de Tratamiento de AGUAS CHAÑAR, las Bases de Cálculo en lo referido a la Población de Diseño (P*), Caudal (Q*) y Caudales asociados, obedecen al siguiente detalle.

○ POBLACION (P*) Y CAUDAL DE AGUAS SERVIDAS (Q*)

La población y caudal de aguas residuales (P* y Q*) de las localidades de AGUAS CHAÑAR, ordenadas por tipo de tecnología del sistema de tratamiento, obedecen al siguiente detalle.

○ LODOS ACTIVADOS.

		Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina	Copiapó
Población Servida	[Hab]	8.422	6.745	3.662	162.847
Q Medio A. Servidas	[l/s]	14,9	10,1	4,6	269
Q Máximo Horario A. Servidas	[l/s]	45,3	31,5	15,6	494

○ LAGUNAS AERADAS.

		Vallenar
Población Servida	[Hab]	44.893
Q Medio A. Servidas	[l/s]	69,6
Q Máximo Horario A. Servidas	[l/s]	160,7

		Caldera
Población Servida Estable	[Hab]	14.384
Población Servida Flotante	[Hab]	7.446
Población Servida	[Hab]	21.830
Q Medio A. Servidas Verano	[l/s]	35,2
Q Máximo Horario A. Servidas	[l/s]	74,5

○ **LOMBRIFILTRO.**

El Salado		
Población Servida	[Hab]	907
Q Medio A. Servidas	[l/s]	3,1
Q Máximo Horario A. Servidas	[l/s]	12,1

○ **SIN TRATAMIENTO.**

Inca de Oro		
Población Servida	[Hab]	145
Q Medio A. Servidas	[l/s]	0,47
Q Máximo Horario A. Servidas	[l/s]	3,5

Cabe destacar que el Caudal Medio Afluyente de Aguas Residuales considera el aporte tanto de las Aguas Servidas Domésticas como de los RILES que empalman a la respectiva red de alcantarillado dando cuenta del DS 609/98.

Adicionalmente, los Caudales (Medio Diario Anual, Verano, Resto del Año, Máximo Diario y Máximo Horario) constituyen criterios de diseño adoptados para el dimensionamiento de determinadas componentes unitarias del sistema de tratamiento, especialmente en aquellas dependientes de la hidráulica (Tratamiento Preliminar, Sedimentación, Estanque de Contacto para Desinfección, etc.).

Los caudales de diseño asociados al caudal medio diario anual a aplicar en determinadas componentes unitarias de las configuraciones de tratamiento obedecen al siguiente detalle.

- **Medio Diario Anual.** Corresponde al valor medio diario anual de consumo multiplicado por el Coeficiente de Recuperación.
- **Medio Período Punta (o Verano).** Corresponde al valor medio del caudal del período de Verano (generalmente 4 meses de cada año).
- **Medio Período No Punta (o Resto del Año).** Corresponde al valor medio del caudal del período del resto del año (generalmente 8 meses de cada año).
- **Máximo Mensual.** Corresponde al valor del mes de máximo caudal del año (Enero a Diciembre de cada año).
- **Máximo Diario.** Corresponde al día de máximo consumo del año.
- **Máximo Horario.** Corresponde a la condición de máximo horario.

El Caudal Máximo Horario de Aguas Servidas se obtuvo a partir del Coeficiente de Harmon para poblaciones superiores a 1.000 habitantes, en tanto que para poblaciones entre 100 y 1.000 habitantes se determinó utilizando valores de la BOSTON SOCIETY OF CIVIL ENGINEER´S.

En cuanto al valor del **Coeficiente de Recuperación**, se consideró un Factor **R = 0,8** en cada localidad.

A la luz de lo anterior, se presenta a continuación el resumen del procesamiento de la información arriba detallada.

○ **CON POBLACION PERMANENTE.**

Localidad	P* [Hab]	Qv / Qm	Qi / Qm	Qmm/Qm	Qmd / Qm	QmH / Qm
Copiapó	162.847	1,06	0,97	1,13	1,25	1,84
Tierra Amarilla	8.422	1,04	0,98	1,17	1,29	3,03
Diego de Almagro	6.745	1,03	0,98	1,13	1,24	3,12
Freirina	3.662	1,15	0,93	1,26	1,39	3,37
Vallenar	44.893	1,08	0,96	1,12	1,23	2,31
El Salado	907	1,1	0,90	1,32	1,46	3,94
Inca de Oro	145	1,1	0,90	1,50	1,65	7,50

○ **CON COMPORTAMIENTO DE BALNEARIO.**

Localidad	P* [Hab]	Qv / Qm	Qi / Qm	QmH / Qm
Caldera	21.830	1,23	0,88	2,61

en donde

Qv / Qm Razón Caudal Punta / Caudal Medio Anual
 Qi / Qm Razón Caudal No Punta / Caudal Medio Anual
 Qmm / Qm Razón Caudal Máximo Mensual / Caudal Medio Anual
 Qmd / Qm Razón Caudal Máximo Diario / Caudal Medio Anual
 QmH / Qm Razón Caudal Máximo Horario / Caudal Medio Anual

2.2.2.- CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Para efectos de estimar la carga orgánica afluyente al sistema de tratamiento (KgDBO/d), los aporte per cápita [grDBO/hab/día] adoptados para las localidades obedecen al siguiente detalle.

Localidad	Aporte per Cápita [grDBO/hab/día]
Copiapó	40,5
Diego de Almagro	45,6
Freirina	51,3
Tierra Amarilla	59,0
Vallenar	40,5
Caldera	40,0
El Salado	30,0
Inca de Oro	30,0

En lo referido a las características de las aguas servidas crudas del resto de los parámetros de interés, AGUAS CHAÑAR cuenta con registros históricos (Autocontrol) en muchas de sus PTAS, a partir de cuyo procesamiento estadístico se generaron las relaciones SST/DBO, NKT/DBO y PT/DBO conforme se detalla “in extenso” en el Anexo 1 del presente Informe y que pueden resumirse de acuerdo al siguiente detalle.

Localidad	SST/DBO	NKT/DBO	PT/DBO
Copiapó	0,98	0,27	0,04
Diego de Almagro	0,66	0,23	0,04
Freirina	0,86	0,32	0,05
Tierra Amarilla	0,82	0,22	0,04
Vallenar	0,80	0,32	0,05
Caldera	0,94	0,27	0,04
El Salado	0,61	0,25	0,05
Inca de Oro (*)	0,61	0,25	0,05

(*) Se adoptaron valores típicos de aguas servidas domésticas, dado que no se cuenta con Información correspondiente a un año de mediciones.

Por otro lado, la carga orgánica de las aguas servidas afluentes sufrirá también variaciones horarias, diarias, mensuales y por épocas a lo largo del año. Para efectos del presente proceso tarifario, se adoptarán las relaciones medias típicas encontradas en diversas PTAS en operación, y que obedecen al siguiente detalle.

	Carga Orgánica
Máxima Diaria/ Media Anual	1,25
Máxima Horaria/ Media Anual	1,50

2.2.3.- RESUMEN DE POBLACION Y CARGA ORGANICA DE LAS AGUAS SERVIDAS DOMESTICAS.

A la luz de lo anterior, las Bases de Cálculo en términos de Población Doméstica Servida y Carga Orgánica quedan resumidas del siguiente modo.

Localidad	P* Hab	Q* l/s	DBO	
			Kg/d	mg/l
Copiapó	162.847	269,3	6.595	283
Diego de Almagro	6.745	10,1	308	353
Freirina	3.662	4,6	188	469
Tierra Amarilla	8.422	14,9	497	385
Vallenar	44.893	69,61	1.818	302
Caldera	21.830	28,5	675	274
El Salado	907	3,1	27	102
Inca de Oro	145	0,47	4	108

2.2.4.- APORTES DE RILES.

A partir de la información entregada en el PROCOF se procesó el aporte de RILES a las diversas PTAS de la Empresa, cuyo detalle se presenta “in extenso” en el Anexo 2 del presente Informe.

El análisis y procesamiento de la información permitió inferir que las PTAS que reciben RILES corresponden a las de Copiapó, Caldera y Vallenar, en tanto que el resto de las localidades no presenta aporte de RILES.

Se debe destacar que si bien en el Informe “Determinación Cargas Orgánicas de diseño PTAS Aguas Chañar” la Empresa declara que en la localidad de Tierra Amarilla existe un aporte de 157 KgDBO₅/d proveniente de camiones limpiafosas (2011 y 2012), ello no se encuentra reportado ni en el PROCOF ni el Anexo 5, razón por la cual no se consideró en el análisis.

A la luz de lo anterior, el aporte de RILES en las diversas localidades puede resumirse del siguiente modo.

PTAS		CALDERA			COPIAPO			VALLENAR		
Año de estudio		2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
AFLUENTE										
Caudal	m ³ /d	3.683	3.446	3.154	23.731	27.555	28.457	16.092	12.578	16.250
DBO ₅	mg/l	195	185	212	254	259	207	99	92	136
C. Orgánica	KgDBO ₅ /d	718	638	669	6.024	7.139	5.898	1.601	1.152	2.204
RILES										
TOTALES										
Caudal	m ³ /d	53	13	21	443	483	759	42	0	83
DBO ₅	mg/l	141	858	205	567	871	654	622	0	196
C. Orgánica	KgDBO ₅ /d	7	11	4	251	420	496	26	0	16
REGULADOS										
C. Orgánica	KgDBO ₅ /d	7	4	4	122	138	165	8	0	16
EXCESO										
C. Orgánica	KgDBO ₅ /d	0	7	0	129	282	331	18	0	0

Para efectos del presente Proceso Tarifario, y considerando la dinámica del sector industrial en el tiempo, se adoptará la carga aportante correspondiente al año 2012 por constituir la información más reciente del proceso productivo industrial empalmado a la red de alcantarillado.

2.2.5.- RESUMEN DE CAUDAL, CARGAS Y CONCENTRACION DE DISEÑO.

Considerando lo establecido anteriormente, la Población, Caudal y Cargas del Estudio Tarifario de las localidades obedecerá al siguiente detalle.

Localidad	P* Hab	Q* l/s
Copiapó	162.847	269,3
Diego de Almagro	6.745	10,1
Freirina	3.662	4,6
Tierra Amarilla	8.422	14,9
Vallenar	44.893	69,6
Caldera	21.830	28,5
El Salado	907	3,1
Inca de Oro	145	0,47

Localidad	Aguas Servidas Domésticas		RILES	
	Población [Hab]	C. Orgánica [Kg/día]	Regulados [Kg/día]	Pobl Equival [Hab]
Copiapó	162.847	6.595	165	4.075
Diego de Almagro	6.745	308	0	0
Freirina	3.662	188	0	0
Tierra Amarilla	8.422	497	0	0
Vallenar	44.893	1.818	16	399
Caldera	21.830	675	4,3	107
El Salado	907	27	0	0
Inca de Oro	145	4	0	0

Localidad	Población Equivalente Diseño [Hab]	C. Orgánica Diseño [Kg/día]
Copiapó	166.922	6.760
Diego de Almagro	6.745	308
Freirina	3.662	188
Tierra Amarilla	8.422	497
Vallenar	45.292	1.834
Caldera	21.937	679
El Salado	907	27
Inca de Oro	145	4,4

2.2.6.- CALIDAD DEL EFLUENTE PARA DAR CUMPLIMIENTO AL DS 90/00.

Otro aspecto de importancia para los efectos del presente estudio lo constituye la calidad del efluente a ser vertido al cuerpo receptor.

La normativa vigente dice relación con la “**NORMA DE EMISIÓN PARA LA REGULACIÓN DE CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS DESCARGAS DE RESIDUOS LIQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES**”, DS 90/00, donde se establecen valores de emisión a cumplir para los siguientes escenarios.

- Cuerpos de Agua Fluviales
 - Sin Capacidad de Dilución.
 - Con Capacidad de Dilución.
- Cuerpos de Agua Lacustres.
- Cuerpos de Agua Marinos.
 - Dentro de la Zona de Protección Litoral.
 - Fuera de la Zona de Protección Litoral.

Dentro de la normativa arriba citada, los factores a considerar son los siguientes.

CAUDAL DISPONIBLE DEL CUERPO RECEPTOR. Se refiere al caudal disponible para la dilución en un cuerpo receptor. El caudal disponible del cuerpo receptor en el punto de descarga debe ser determinado por la Dirección General de Aguas.

TASA DE DILUCIÓN DEL EFLUENTE VERTIDO (d). Corresponde a la razón entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades.

La Tasa de Dilución será entonces la siguiente

$$d = \frac{\text{Caudal disponible del cuerpo receptor}}{\text{Caudal Medio Aguas Servidas}}$$

Una vez analizados los cuerpos receptores de las descargas de las localidades, se puede concluir que las descargas que caen a Cuerpos de Agua Fluviales Sin Capacidad de Dilución obedecen al siguiente detalle.

Localidad	Capacidad Dilución
Copiapó	No
Tierra Amarilla	No
Diego de Almagro	No
Freirina	No
Vallenar	No
El Salado	No
Inca de Oro	No

Las localidades que descargan a cuerpos de agua Sin Capacidad de Dilución deben cumplir con los valores máximos establecidos en la tabla pertinente del DS 90/00, cuyos principales parámetros de interés obedecen al siguiente detalle.

**LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LÍQUIDOS
A CUERPOS DE AGUA FLUVIALES SIN CAPACIDAD DE DILUCION**

PARAMETRO	Unidad	VALOR
Temperatura	°C	35
pH	unidad	6,0 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	80 (*)
QUIMICOS, BIOQUIMICOS Y ORGANICOS		
DBO	mg/l	35 (*)
Aceites y Grasas	mg/l	20
Poder Espumógeno	mm	7
NUTRIENTES		
Fósforo Total	mg/l	10
Nitrógeno Kjeldahl Total	mg/l	50
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1.000

(*) Se debe descontar el contenido de algas para efluentes de plantas de tratamiento de aguas servidas domésticas.

Por otro lado, el efluente de la localidad de Caldera debe dar cuenta de la calidad establecida por la Norma NCh 1.333 Of78 para riego del tipo irrestricto.

3.- ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO A EVALUAR.

Con excepción de la descarga de las aguas servidas tratadas de Caldera, el análisis de alternativas de tratamiento contempla aquellas tecnologías que puedan dar cumplimiento de la normativa vigente, constituida en este caso por la “NORMA DE EMISIÓN PARA LA REGULACIÓN DE CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS DESCARGAS DE RESIDUOS LIQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES”, DS 90/00.

Con respecto a las alternativas propiamente tales, el tratamiento puede considerar tecnologías en base a procesos Físicos o Biológicos. Los tratamientos Físicos comprenden fundamentalmente componentes unitarias en base a procesos del tipo físico (sedimentación, flotación, filtración, etc.), en tanto que los tratamientos Biológicos involucran el mejoramiento de la calidad de las aguas servidas por medio de un proceso biológico y pueden clasificarse en Convencionales y No Convencionales. Los procesos Convencionales abarcan aquellos que involucran mecanización de los sistemas, en tanto que los sistemas No Convencionales corresponden a procesos naturales que no involucran mecanización y requieren grandes áreas de terreno (pe Lagunas de Estabilización).

Un tratamiento No Convencional es en general un sistema natural, asociado a que no puede ser controlado por variables operativas y que no puede en consecuencia alcanzar en forma estable la concentración promedio diario exigida, lo que la torna inviable como solución eficiente, especialmente considerando el número mínimo de muestras mensuales de control exigidas por la normativa vigente. Adicionalmente, ante cualquier desestabilización del sistema la calidad del efluente puede deteriorarse por largos períodos de tiempo.

En consecuencia, y considerando las condiciones de borde del escenario de descarga a un cuerpo de agua sin capacidad de dilución, se analizarán las alternativas Convencionales de tratamiento biológico de las aguas residuales, específicamente, alternativas en base a **Lagunas Aeradas (Multicelulares y a Mezcla Completa) y Lodos Activados**, las que cuentan con mayores variables operativas de control.

La excepción la constituirá la localidad de El Salado, la que cuenta en la actualidad con un sistema de tratamiento en base a **Lombrifiltros**, y que se analizará tanto para dicha localidad como para Inca de Oro.

Considerando lo anterior, las principales características de las tecnologías a evaluar pueden resumirse del siguiente modo.

3.1.- LODOS ACTIVADOS.

En términos generales, los Lodos Activados constituyen un sistema en que se mantiene determinada biomasa en agitación en un estanque de aeración, donde tiene lugar el tratamiento biológico. Siguiendo el circuito de la fase líquida, el agua servida cruda llega a la planta ingresando al tratamiento preliminar (rejas, desgrasado y desarenación), luego de lo cual se mezcla con los lodos activados de recirculación y se distribuye a los tanques de aeración. El licor mezclado formado en los tanques de aeración se separa del efluente tratado en las componentes unitarias de sedimentación secundaria para retornarlo parcialmente al tratamiento biológico de modo de mantener una población que permita una adecuada razón alimento /microorganismos (F/M), y purgar el resto del sistema como lodo en exceso. El efluente final se desinfecta mediante cloración y se descarga al curso receptor.

En cuanto al circuito de la fase sólida, el material resultante del tratamiento preliminar (material cribado y arenas) se transporta periódicamente fuera de la planta para su disposición final.

Los lodos activados de exceso provenientes de un proceso por Aeración Extendida estarán estabilizados, por lo cual no necesitarán estabilización adicional y serán espesados para posteriormente ser secados mecánicamente antes de ser conducidos a canchas de acopio, desde donde se transportan a su disposición final.

Los lodos activados de exceso provenientes de un proceso por Lodos Activados a Media Carga no estarán estabilizados, por lo cual necesitarán estabilización adicional por medio de Digestión Aeróbica una vez que pasen por la componente unitaria de Espesamiento. Seguidamente, serán secados mecánicamente antes de ser conducidos a canchas de acopio, desde donde se transportan a su disposición final

En términos de configuración y tipo de tecnología, la versión de Lodos Activados por Aeración Extendida es similar al proceso del tipo Convencional, pero con funcionamiento en la fase endógena de la curva de crecimiento de los microorganismos, por lo que requiere bajas cargas y altos períodos de aeración (grandes volúmenes de estanque). Se utilizan difusores de aire o aeradores mecánicos. Esta tecnología presenta la ventaja de prescindir de sedimentación primaria y que los lodos que se obtienen están estabilizados (no putrescibles), debido a la edad de ellos (20 a 30 días) lo que facilita su manejo posterior y permite prescindir de la componente unitaria de Digestión de lodos.

Los parámetros de diseño de un sistema de lodos activados son la **Edad del Lodo (θ_c)** que indica el tiempo que el lodo debe permanecer en el sistema y la relación Alimento/Microorganismos, conocido como **F/M** por sus siglas en inglés. La aplicación de parámetros de diseño como el Tiempo de Retención hidráulico, **no** tienen sentido teórico, y los valores que se encuentran en la bibliografía son cuando mucho apropiados para aguas servidas domésticas.

Para Aeración Extendida y Aguas Servidas Domésticas, la "Edad del Lodo" o Tiempo de Retención Celular" oscila entre 20 y 30 [días], en tanto que para Lodos Activados a Media Carga o Convencionales, varía entre 5 y 15 [días]. Se acepta que un proceso con una Edad del Lodo mayor a 20 - 25 [días] producirá un lodo mineralizado que no necesitará digestión posterior, aunque debe considerarse su dependencia de la temperatura.

La razón F/M corresponde a la masa afluente (alimento) dividida por la masa de Sólidos Suspendidos del Licor Mezclado en el tanque de aeración, de acuerdo al siguiente detalle.

$$F/M = \frac{\text{KgDBO/día}}{(\text{SSLM o SSVLM [Kg/m}^3\text{)] * V [m}^3\text{]}}$$

Para el caso de los procesos por Aeración Extendida, la razón F/M fluctúa entre 0,05 y 0,15 [KgDBO/KgSSVLM/día].

La relación entre la Edad del Lodo y F/M se obtiene a partir de.

$$\theta_c \text{ [días]} = 1 / (P_x * F/M) \quad (\text{con F/M en [KgDBO/KgSSLM/día]})$$

en donde P_x es la cantidad de lodo en exceso que se produce en el tratamiento biológico.

Las principales **ventajas** de sistemas de tratamiento por Lodos Activados en sus distintas versiones son:

- Flexibilidad de operación a través de un control racional de la biomasa presente en el proceso.
- Eficiencia de remoción de carga orgánica sustancialmente más alta que la que se alcanza en otros procesos como los del tipo Convencional por Cultivo Fijo (Filtración Biológica, Biodiscos, etc.), logrando valores superiores a un 90 %.
- Minimización de Olores y Ausencia de insectos.
- Puede incorporar Desnitrificación al proceso.
- Posibilidades de regular energía consumida para variaciones de carga orgánica.
- La versión por Aeración Extendida prescinde de sedimentación primaria, y los lodos generados son altamente mineralizados, por lo que no requieren de tratamiento posterior.

Entre las **desventajas** se pueden citar fundamentalmente las siguientes:

- Control permanente, tanto operativo como de análisis de laboratorio.
- Altos costos de operación, asociados fundamentalmente a los requerimientos de oxígeno, los que se proveen en forma mecanizada.
- Bajo abatimiento bacteriológico, logrando en general abatir no más allá de un ciclo logarítmico en términos de Coliformes Fecales, con la consecuente necesidad de efectuar desinfección final al efluente.

El comportamiento esperado del sistema en términos de remoción de los parámetros de interés, obedece al siguiente detalle.

PARAMETRO	% REMOCION	
DBO	90 – 95	
Nitrógeno Total	15 – 30 70 – 95	Tratamiento Secundario Convencional. Incluyendo Desnitrificación.
Fósforo Total	10 – 25 70 – 90	Tratamiento Secundario Convencional. Incluyendo remoción adicional de N y P ó Remoción Química de Fósforo.
Coliformes Fecales	60 – 90	

En términos bacteriológicos, la remoción alcanzada no es suficiente para dar cuenta de lo establecido por la normativa vigente, por lo cual esta configuración debe incorporar Desinfección al final del sistema de tratamiento.

3.2.- LAGUNAS AERADAS.

3.2.1.- LAGUNAS AERADAS A MEZCLA COMPLETA.

En las Lagunas Aeradas a Mezcla Completa, se provee aeración artificial a un nivel tal que satisfaga los requerimientos necesarios de oxígeno, y a una potencia tal que todos los sólidos se mantengan en suspensión. Esto hace que este proceso pueda ser asimilado a un lodo activado sin recirculación.

Los sólidos en suspensión salen con el efluente, por lo que se requieren componentes unitarias complementarias para la Sedimentación de lodos, los que se digirán anaeróbicamente en las unidades, permitiendo adicionalmente obtener una baja producción de lodos.

Desde el punto de vista de los criterios de dimensionamiento, y considerando que las Lagunas Aeradas a Mezcla Completa pueden ser asimiladas a un proceso de lodos activados sin recirculación, se cuenta con Criterios de Diseño claramente definidos, exponiéndose a continuación los más relevantes, de acuerdo a la metodología presentada por Pedro Alem en el Seminario "Tecnologías de Tratamiento de bajo Costo", Santiago 1993.

- Profundidad usual 2,5 – 5 [m]
- Período de Retención 2 – 5 días
- Demanda de Oxígeno 1,25 [KgO₂/KgDBO]

Por otro lado, la laguna posterior de Sedimentación tiene por objetivo acumular y digerir anaeróbicamente los sólidos. Se estima una reducción de volumen por digestión anaeróbica de un 50-60 % el primer año y del orden de 40% el segundo año. El lodo debe ser purgado en forma continua o semicontinua para no acumular más de lo que se dispone para tales efectos.

Adicionalmente, las principales características operativas del sistema pueden resumirse del siguiente modo.

- La operación y control del sistema es baja, debido a la simplicidad de la configuración. Al no existir recirculación se prescinde del control requerido para mantener una determinada edad del lodo en el reactor (parámetro que controla la eficiencia del sistema para determinadas constantes cinéticas). De hecho, en una laguna aerada, la edad del lodo es equivalente al tiempo de retención hidráulico, por lo que la eficiencia del sistema sólo depende de este último parámetro.
- Potencia de mezcla (W/m³) necesaria para mantener los sólidos en suspensión en la Laguna Aerada a Mezcla Completa. Los aeradores pueden ser del tipo flotantes, fijos o sumergidos y rápidos o lentos, siendo los más comunes los flotantes de alta rotación.
- El volumen de las Lagunas de Sedimentación permite que la purga de lodos sea efectuada en forma discontinua o periódica, lo que evita los problemas de manejo que se suelen presentar en otros sistemas convencionales.
- Si se desea evitar la proliferación de algas en la unidad de sedimentación, el tiempo de retención de ésta (descontando el volumen ocupado por el lodo), no debe exceder de aproximadamente un día.
- Al estar digerido y tener una adecuada humedad, el lodo purgado de las lagunas de decantación puede ser enviado directamente a un sistema de deshidratación, con lo que se evita las componentes unitarias de espesamiento y digestión.

En resumen, las principales **ventajas** de estos sistemas son los siguientes.

- Proceso Simple y confiable.
- Baja producción de Lodos.
- Buen grado de estabilización de Lodos.

Las principales **desventajas** que presentan estos sistemas son los siguientes.

- Altos requerimientos de energía a bajas condiciones de carga.
- Necesidad de proporcionar energía para mezcla, que puede ser mayor a la requerida para remover DBO.
- Necesidad de Desinfección del efluente.

El comportamiento esperado del sistema en términos de remoción de los parámetros de interés, obedece al siguiente detalle.

PARAMETRO	% REMOCION
DBO	50 – 60 80 – 90 incluyendo Laguna Sedimentación.
Nitrógeno	Nitrificación baja
Fósforo	Remoción baja
Coliformes Fecales	90 – 99

En términos bacteriológicos, la remoción alcanzada no es suficiente para dar cuenta de lo establecido por la normativa vigente, por lo cual esta configuración debe incorporar Desinfección al final del sistema de tratamiento.

3.2.2.- LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.

El sistema en base a Lagunas Aeradas Multicelulares está configurado en base a 2 etapas secuenciales, la primera de las cuales está destinada a remover la materia orgánica biodegradable de las aguas servidas (en una primera laguna) y la segunda para la sedimentación, estabilización y almacenamiento de los sólidos sedimentados (en dos o más lagunas en serie).

En la primera etapa, se requiere mantener todo los Sólidos en suspensión, por lo que se exige una potencia de mezcla (W/m^3) que asegure la mezcla completa, en tanto que en la segunda etapa se debe alcanzar suspensión parcial de los sólidos a una potencia de aeración adecuada.

Desde el punto de vista de los criterios de dimensionamiento, y considerando que las Lagunas Aeradas Multicelulares también pueden ser asimiladas a un proceso de lodos activados sin recirculación, se cuenta con Criterios de Diseño claramente definidos, siendo los más relevantes los siguientes.

- Laguna Aerada a Mezcla Completa.
 - Tiempo Retención 2 a 3 días
 - Demanda de Oxígeno 1,25 [KgO₂/KgDBO]
 - Capacidad Mezcla 5 – 6 W/m³.

- Lagunas Parcialmente Aeradas
 - Tiempo Retención 0,7 – 1,0 día
 - Capacidad de Mezcla 1 – 2 W/m³

Considerando el hecho de que un sistema de lagunas provee capacidad de sedimentación al paso de las aguas previo a su descarga, se puede asumir que las algas se constituyen en una componente importante de los sólidos suspendidos del efluente final. Lo anterior se ve refrendado por numerosas investigaciones efectuadas por Rich et al en sistemas de Lagunas Aeradas Multicelulares.

Dichos estudios permitieron encontrar una correlación entre los sólidos suspendidos totales y la “clorofila a” en los efluentes de las lagunas Aeradas, y obedece al siguiente detalle.

$$SST = 21,3 + 142 Cl.a$$

donde

SST = Sólidos Suspendidos, [mg/l]
 Cl.a = Clorofila a, [mg/l].

La ecuación anterior sugiere que si las algas no estuvieran presentes, los Sólidos Suspendidos Totales no debieran exceder en promedio 22 mg/l.

Adicionalmente, Rich correlacionó los valores de la DBO del efluente con los Sólidos Suspendidos Totales, de acuerdo al siguiente detalle.

$$DBO = 13 + 0,4 SST$$

donde

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno [mg/l]
 SST = Sólidos Suspendidos, [mg/l]

La ecuación anterior sugiere que la DBO soluble (o no particulada) del efluente no debiera exceder en promedio 13 mg/l.

El comportamiento esperado del sistema en términos de remoción de los parámetros de interés, obedece al siguiente detalle.

PARAMETRO	% REMOCION
DBO	50 – 60 80 – 90 incluyendo Lagunas Parcialmente Aeradas.
Nitrógeno	Nitrificación baja
Fósforo	Remoción baja
Coliformes Fecales	90 – 99

3.2.3.- ANALISIS DEL GRADO DE REMOCION DE LAS LAGUNAS AERADAS Y EL CUMPLIMIENTO DEL DS 90/00.

En términos generales se puede establecer que en un sistema de Lagunas Aeradas a Mezcla Completa seguidas de Lagunas de Sedimentación, la DBO soluble del efluente de la Laguna Aerada se encuentra normalmente en el orden de los 10 mg/l. Al inicio de la operación del sistema se observa un ligero incremento en la DBO soluble del efluente y en el mediano plazo en la DBO soluble en la Laguna de Decantación, pudiendo alcanzarse concentraciones en el orden del doble de la inicial. La DBO del efluente final incorpora también la DBO proveniente de los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) que salen con el efluente.

En cuanto a los sistemas de Lagunas Aeradas Multicelulares, aparentemente podrían mantener la DBO soluble del efluente en valores más bajos, pues siempre habrá alguna biomasa en suspensión en condiciones aeróbicas en las Lagunas parcialmente Aeradas con baja densidad de potencia.

Adicionalmente, y en la medida que pasa el tiempo, la Laguna de Sedimentación tiene mayor actividad de digestión de lodos, por lo que se conseguirá siempre un efluente de mejor calidad si se efectúan limpiezas más frecuentes de esta componente unitaria para evitar eventual ascenso de parte de los lodos a la superficie de la laguna de Laguna de Sedimentación.

Al respecto, en el artículo “Mathematical Model for Dual Power Level Multicellular (DPMC) Aerated Lagoon Systems” Rich establece que las restricciones en el tiempo de retención limitan el uso de los sistemas a aguas servidas a una DBO menor a 300 mg/l, y que mayores concentraciones de DBO generarán mayores cantidades de sólidos biodegradables, lo que requerirá de mayores de áreas fondo de las lagunas parcialmente aeradas y mayores períodos de retención.

En cuanto a la definición de la configuración a adoptar para el dimensionamiento y valorización (Laguna Aerada a Mezcla Completa o Laguna Aerada Multicelular), obedece al siguiente análisis.

En términos de configuración de componentes unitarias comprometidas, las Lagunas Aeradas Multicelulares se diferencian de las Lagunas Aeradas a Mezcla Completa seguidas de Lagunas de Sedimentación en que mientras estas últimas consideran en general 2 lagunas (una a mezcla completa y otra de sedimentación con o sin aeración parcial) construidas en serie, con un período de retención total de 4 – 6 días a caudal de diseño (3 – 5 días en la Laguna Aerada y 1 día en la Laguna de Sedimentación), las Lagunas Aeradas Multicelulares propiamente tales consideran en general 3 – 4 lagunas aeradas (una a mezcla completa y dos o tres con aeración parcial) construidas en serie, con un período de retención total de 4 – 6 días a caudal de diseño (2 – 3 días en la Laguna Aerada y 2 ó 3 días en las Lagunas de Sedimentación).

Como se puede apreciar, las componentes unitarias de ambas configuraciones son similares, siendo en ambos casos la primera laguna aerada a un nivel tal que mantendrá toda la biomasa en suspensión (mezcla completa), en tanto que las celdas subsecuentes serán aeradas a niveles lo suficientemente bajos para permitir sedimentar los sólidos sedimentables provenientes de la primera celda.

Por otro lado, la cinética de las Lagunas Aeradas Multicelulares (Rich) predice una calidad del efluente que permitiría dar cuenta de mejor manera del DS 90/00 en términos de Materia Orgánica, por lo cual se tomará dicha tecnología como base para definir la configuración eficiente para este tipo de tecnología.

El modelo usado para el diseño corresponde al de O'Connor & Eckenfelder, cuyas ecuaciones obedecen al siguiente detalle.

- **DBO soluble efluente Laguna Aerada, S_e [mg/l].**

$$S_e = (1 + b * TR) / (Y * k' * TR)$$

en que

- TR = Tiempo de Retención (Volumen laguna /Caudal afluente), [días]
- Y = Coeficiente de crecimiento celular, [g/g]
- b = Coeficiente de respiración endógena, [días⁻¹]
- k' = Coeficiente de remoción global de sustrato, [l/mg/día].

- **Sólidos Suspendidos Volátiles en Laguna Aerada, X [mg/l].**

$$X = Y * (DBO_{afl} - S_e) / (1 + TR * b)$$

- **Sólidos Suspendidos Totales en Laguna Aerada, X_t [mg/l]**

$$X_t = X / (SSV/SST)$$

en que

SSV/SST = Razón Sólidos Suspendidos Volátiles/Sólidos Suspendidos Totales.

Siguiendo el criterio de Rich, al aerar la(s) Laguna(s) de Sedimentación a mezcla parcial se genera una remoción adicional de DBO. Para el modelo adoptado, la DBO soluble efluente de la primera Laguna de Sedimentación, calculada en consistencia con el modelo de Rich, obedecerá a la siguiente ecuación.

$$S_1 = S_e / (1 + k' * X_a * TR_1)$$

en que.

TR_1 = Tiempo de Retención Laguna Sedimentación N° 1 (descontando el volumen ocupado por el lodo), [días]

S_1 = DBO soluble efluente de la Laguna de Sedimentación N° 1, [mg/l]

X_a = Biomasa activa en Sólidos Suspendidos efluente Laguna de Sedimentación, [mg/l] (aproximadamente 7 [mg/l]).

Si se contemplan Lagunas de Sedimentación adicionales en serie, la DBO efluente de éstas se expresa como.

$$S_i = S_{i-1} / (1 + k' * X_a * TR_i)$$

en que.

TR_i = Tiempo de Retención i-ésima Laguna Sedimentación, [días]

S_i = DBO soluble efluente de la i-ésima Laguna de Sedimentación, [mg/l].

Finalmente, la DBO total efluente, DBO_{ef} [mg/l], de la última Laguna de Sedimentación se calcula como.

$$DBO_{ef} = S_i + S_{Sef} * (SSV/SST) * 0,8$$

en que

S_{Sef} = Sólidos Suspendidos en efluente de Laguna de Sedimentación, [mg/l].

En cuanto a las constantes cinéticas a utilizar, serán las recomendadas por Alem, las que obedecen al siguiente detalle.

Constante	Unidad	Valor para	
		5 [°C] < T° < 14 [°C]	T° > 14 [°C]
Y	g/g	0,7	0,7
B	días ⁻¹	0,06	0,08
k'	l/mg/día	0,03	0,05

El cálculo de los Sólidos acumulados en el fondo de la Laguna de Sedimentación estará dado por las siguientes ecuaciones.

- **Acumulación Sólidos Suspendidos Totales en Laguna Sedimentación, Xts [Kg/año].**

$$Xts = (Xt - SSef) / 1000 * 365 * Q$$

en que

$$Q = \text{Caudal medio diario, [m}^3\text{/día].}$$

- **Acumulación Sólidos Suspendidos Volátiles en Laguna Sedimentación, Xvs [Kg/año].**

$$Xvs = Xts * (SSV/SST)$$

- **Acumulación Sólidos Suspendidos Fijos en Laguna de Sedimentación, Xfs [Kg/año].**

$$Xfs = Xts - Xvs$$

- **Acumulación de Sólidos en Laguna de Sedimentación en 1 año, considerando reducción por digestión anaeróbica, SST ACUM en 1 año [Kg].**

$$SST \text{ ACUM en 1 año} = Xfs + (1-RA1/100)*Xvs$$

en que

$$RA1 = \text{Reducción anaeróbica de Sólidos Volátiles en el fondo de la Laguna de Sedimentación en el primer año, [\%].}$$

- **Volumen Sólidos acumulado en Laguna de Sedimentación en 1 año, V_{acum} [m³].**

$$V_{\text{acum}} = \text{SST ACUM} / C_f$$

en que

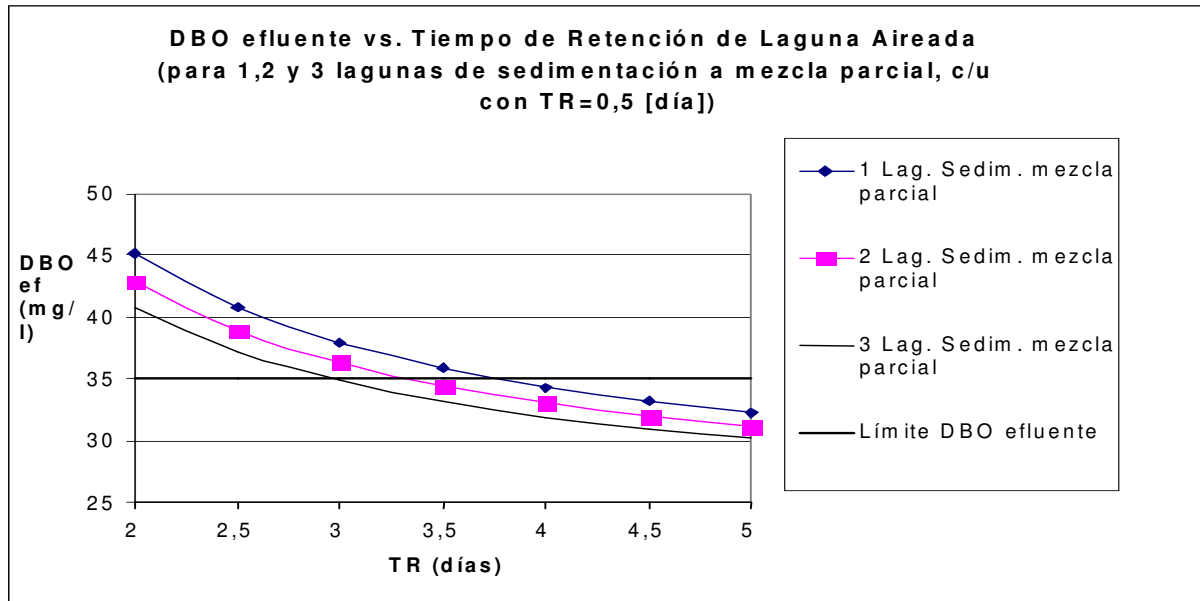
C_f = Concentración Lodos en fondo de Laguna de Sedimentación, [Kg/m³].

Si bien la concentración de Sólidos Suspendidos en el efluente es de 35 [mg/l] para efectos de diseño, para el cálculo del volumen de Lodo acumulado en el fondo de la Laguna de Sedimentación se utilizará desde el lado de la seguridad un valor de 25 [mg/l], adopción que es conservadora, por cuanto los sólidos retenidos en la laguna se calculan restando los sólidos del efluente (los que al estar en menor concentración aumentan el volumen de lodos retenidos).

Considerando las características del Modelo detalladas anteriormente, se presenta a continuación un gráfico en que se presenta el Tiempo de Retención de la Laguna Aerada vs DBO efluente para 1, 2 y 3 Lagunas de Sedimentación parcialmente Aeradas con un tiempo de retención de 0,5 [días] cada una

Las condiciones de borde adoptadas para la elaboración del gráfico, generan un escenario conservador, y obedecen al siguiente detalle.

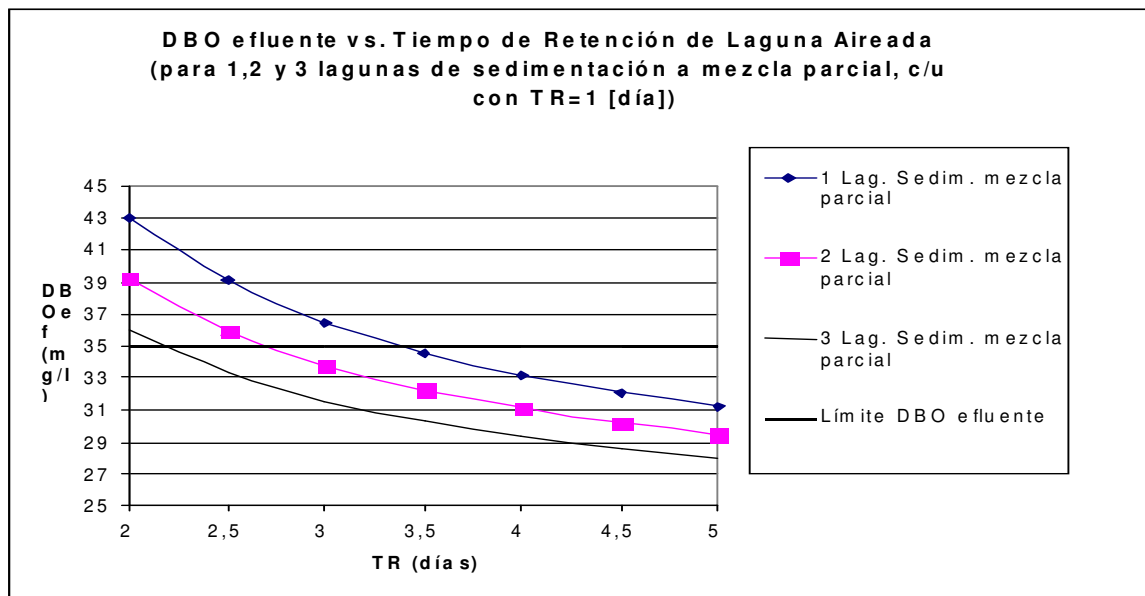
- Constantes cinéticas más desfavorables (temperatura entre 5 y 14 °C) dadas por Alem.
- El modelo utilizado predice valores más altos que los que se obtienen utilizando las ecuaciones y constantes cinéticas de Rich (10 mg/l DBO efluente).
- Concentración de Sólidos Suspendidos en el efluente de 35 [mg/l], lo que implica que valores reales menores llevarán asociada una menor DBO.



A la luz del gráfico anterior, se puede apreciar que para obtener una DBO efluente requerida de 35 [mg/l], se requieren 3 Lagunas de Sedimentación en serie con un Tiempo de Retención de la Laguna Aerada del orden de 3 días, 2 Lagunas de Sedimentación en serie con un Tiempo de Retención de la Laguna Aerada del orden de 3,4 días ó 1 Laguna de Sedimentación con un Tiempo de Retención de la Laguna Aerada del orden de 3,7 días.

Producto de ello, se puede concluir que no es adecuado utilizar tiempos de retención de 0,5 [días] en las Lagunas de Sedimentación, puesto que los consecuentes Tiempos de Retención de la Laguna Aerada resultan altos, con lo cual los requerimientos de energía asociados para obtener mezcla completa pueden fácilmente superar los requerimientos de Aeración, tornando la solución ineficiente desde el punto de vista económico.

En consecuencia, se decidió elaborar el mismo gráfico anterior, considerando en esta oportunidad un Tiempo de Retención de las Lagunas de Sedimentación de 1 [día].



Analizando el gráfico anterior, se puede apreciar que para alcanzar el requerimiento de DBO efluente (35 mg/l) es suficiente adoptar un Tiempo de Retención de 3 [días] en la Laguna Aerada seguido de 2 (dos) Lagunas de Sedimentación en serie con un Tiempo de Retención de 1 [día] cada una.

Considerando el requerimiento de infraestructura y los consecuentes costos de operación asociados de esta configuración, se aprecia la conveniencia de adoptarla como solución como base para el diseño de los sistemas de tratamiento eficientes de las localidades.

En consecuencia, se utilizará como base del diseño una configuración que contemple **una Laguna Aerada a Mezcla Completa con un Tiempo de Retención de 3 [días], seguida de dos Lagunas de Sedimentación parcialmente aeradas en serie, cada una con un Tiempo de Retención de 1 día (descontando el volumen ocupado por el lodo en las Lagunas de Sedimentación).**

Considerando la variación de la calidad del efluente en función del Tiempo de Retención de la Laguna de Sedimentación, y que ya el Modelo adoptado predice valores del efluente más altos que los que se obtienen utilizando las ecuaciones y constantes cinéticas de Rich (del orden de 10 mg/l), se adoptará como criterio de diseño un Tiempo de Retención mínimo de la Laguna de Sedimentación de 1 día.

3.3.- LOMBRIFILTRO.

En términos generales, la tecnología en base a Lombrifiltros consiste en un estanque relleno por diferentes capas filtrantes, con lombrices en la capa superficial, las que en conjunto con la microbiología ahí generada degradan la materia orgánica y la transforman en humus, agua, CO₂ y otros gases, las que cuentan con mayores variables operativas de control.

Actualmente, en el país existen del orden de 90 plantas instaladas en base a esta tecnología para el tratamiento de las aguas servidas domésticas, las que en función de la población pueden resumirse de acuerdo al siguiente detalle.

Rango de Población	Nº Sistemas Instalados
10 – 100	31
100 – 500	40
500 – 1.000	5
1.000 – 2.500	4
2.500 – 5.000	5
> 5.000	2

Adicionalmente, existen 12 sistemas de tratamiento operando en México, 1 en Paraguay y 1 en Argentina.

El proceso se inicia con una separación primaria de sólidos gruesos, para lo cual se contempla cámaras de rejas manuales en plantas de menor tamaño y autolimpiantes en plantas de mayor magnitud. Posteriormente, el agua servida es acumulada en un estanque homogeneizador, desde donde se impulsa para ser dispersado por aspersión sobre la superficie del lombrifiltro en donde se produce un proceso de adsorción de las partículas disueltas en el líquido, quedando retenidas en las capas filtrantes para ser posteriormente digeridas por las lombrices y la microbiología existente del sistema.

La materia orgánica del afluente es consumida por las lombrices, pasando una fracción menor de ella a constituir parte de su masa corporal y el resto como deyecciones de las mismas, denominadas comúnmente humus de lombriz.

El efluente es sometido posteriormente a desinfección (Cloración) para la reducción de los Coliformes Fecales.

El lombrifiltro tiene aplicación práctica en pequeñas instalaciones y con altas eficiencias de remoción.

En términos comparativos con otros sistemas convencionales de tratamiento, las principales características del lombrifiltro pueden resumirse del siguiente modo.

- Degrada los sólidos orgánicos transformándolos en humus, el que se constituye un subproducto que puede reutilizarse como abono agrícola.
- Bajos costos de Operación.
- Mantenimiento muy simple.
- Remoción de los principales parámetros orgánicos superiores al 90%.

4.- DEFINICIÓN DEL TIPO DE TRATAMIENTO A ADOPTAR.

Considerando lo establecido anteriormente, la definición de las alternativas de tratamiento a adoptar puede resumirse del siguiente modo.

- **LODOS ACTIVADOS A MEDIA CARGA.**

El sistema de tratamiento en base a Lodos Activados a Media Carga cumple con los parámetros críticos establecidos por la normativa en forma independiente de la calidad de afluente y sin necesidad de incorporar componentes adicionales.

- **LODOS ACTIVADOS POR AERACIÓN EXTENDIDA.**

El sistema de tratamiento en base a Lodos Activados por Aeración Extendida cumple con los parámetros críticos establecidos por la normativa en forma independiente de la calidad de afluente y sin necesidad de incorporar componentes adicionales.

- **LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.**

Cumplen con los parámetros establecidos por la normativa con una concentración afluente propia de aguas servidas domésticas (300 mg/l). Mayores concentraciones de DBO requerirán de mayores áreas fondo de las lagunas parcialmente aeradas y mayores períodos de retención.

- **LOMBRIFILTRO.**

Cumplen con los parámetros de principal interés establecidos por la normativa.

A la luz de todo lo anteriormente establecido, se presenta a continuación el resumen de la tecnología adoptada en las localidades de AGUAS CHAÑAR para el cumplimiento de la normativa vigente, coincidente con las tecnologías reales implementadas en cada una de sus PTAS a excepción de Inca de Oro que en la actualidad no cuenta con sistema de tratamiento.

LODOS ACTIVADOS
Copiapó
Diego de Almagro
Freirina
Tierra Amarilla
LAGUNA AERADA MULTICELULAR
Caldera
Vallenar
LOMBRIFILTRO
El Salado
Inca de Oro

5.- CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS SOLUCIONES DE TRATAMIENTO ADOPTADAS.

Las Condiciones de Borde y Criterios de Diseño de las alternativas de tratamiento a utilizar obedecerán al siguiente detalle.

5.1.- CONDICIONES DE BORDE.

En el presente punto se presentan las condiciones de borde a considerar para el dimensionamiento y valorización de los sistemas de tratamiento.

Considerando el tamaño de la población de las localidades y el óptimo económico, se adoptará un tren de tratamiento para Lodos Activados o Lagunas Aeradas Multicelulares hasta una población de 20.000 habitantes y dos trenes por sobre dichas poblaciones, en ambos casos sin componentes unitarias en stand by.

Para dar cuenta de lo anterior, el diseño del proceso contempla las adopciones necesarias para operar el proceso sin detención, garantizando el efectuar reparaciones y mantenimiento sin interrumpir el tratamiento en ninguna de las configuraciones. Así por ejemplo, el adoptar Aeración Superficial se asegura operación continua al contar con repuestos en stock que permiten sustituir en forma inmediata el equipo a reparar o mantener, al adoptar aeración por difusión se asegura operación continua al contar con una parrilla fragmentada de difusores de manera de desmontar una fracción de la misma manteniendo el resto en operación en tanto se repara.

En relación a determinados equipos de las PTAS (especialmente bombas), se contempla el número de unidades para dar cuenta de la capacidad requerida (considerando los cambios de condiciones operativas) y una unidad en stand by.

5.2.- CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

5.2.1.- COMPONENTES UNITARIAS COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS.

A continuación, se detallan las obras específicas comunes incluidas en el diseño de los sistemas de tratamiento de todas las localidades.

5.2.1.1.- TRATAMIENTO PRELIMINAR.

Se contempla la implementación de Cámara de Rejas en todos los sistemas. En las localidades cuya población sea menor a 5.000 habitantes se considerará Reja Manual, y caso contrario Reja Mecanizada. En ambos escenarios se contemplará una reja manual en Stand By.

La Cámara Desarenadora – Desgrasadora para poblaciones menores a 5.000 habitantes será manual y contará solo con una bomba de extracción de arenas. Para poblaciones entre 5.000 y 20.000 el sistema contará con bomba de extracción de arenas más sistema de aeración por difusión. Para poblaciones superiores a 20.000 habitantes, el sistema contará con Puente Desgrasador, Bombas de extracción de grasas y arenas.

5.2.1.2.- DESINFECCIÓN.

El sistema de cloración del efluente será a base de Hipoclorito de Sodio o Cloro Gas según si la población servidas sea menor o mayor a 5.000 habitantes respectivamente, y contempla una cámara de contacto que permite la mezcla adecuada del desinfectante con las aguas servidas tratadas considerando un período de retención mínimo de la unidad de 30 minutos a condiciones de cualquier caudal medio de diseño (Anual, Verano y Resto del Año).

5.2.1.3.- DESHIDRATACIÓN Y DISPOSICIÓN DE LODOS.

En los sistemas en base a Lagunas Aeradas, los lodos generados en las PTAS serán deshidratados una vez al año en período de verano. Considerando el orden de magnitud de los lodos producidos en la localidad de Vallenar, se contempla para esta PTAS un sistema de Deshidratación Mecanizada.

Las PTAS en base a Lodos Activados requieren deshidratación y disposición continua de lodos a una frecuencia como máximo semanal, siendo normalmente adoptada la Deshidratación Mecanizada. No obstante, considerando la disponibilidad de terreno y el alto costo de inversión asociado a contar con sistemas de deshidratación mecanizada en localidades pequeñas y el tiempo de ocio del sistema debido a la baja producción de lodos con respecto a la mínima capacidad comercial disponible, se definió adoptar la alternativa de lechos de secado como sistema de deshidratación de las PTAS en base a esta tecnología.

5.2.1.4.- OBRAS ELÉCTRICAS Y DE CONTROL.

Las Obras Eléctricas y de Control consideradas son las siguientes.

- **Obras Eléctricas.**
Suministro de energía eléctrica y Subestación., equipos aeradores, bomba de lodos y desinfección. Alimentación para iluminación recinto y edificaciones.
- **Generador de Emergencia.**
- **Equipos de Control Básicos para el sistema de tratamiento.**
Sensores de Oxígeno Disuelto, medidores de pH, medidores de cloro residual.
- **Equipos de medición de caudal** (afluente, efluente, by-pass).

5.2.1.5.- EDIFICACIONES Y OBRAS DE URBANIZACIÓN.

Las edificaciones y obras de urbanización consideradas, son las siguientes:

- **Lodos Activados.**
 - Sala de Administración y Control.
 - Sala de Bombas.
 - Sala de Cloración y cilindros/contenedores de cloro.
 - Sala de Sopladores.
 - Edificio de deshidratación de lodos.
 - Obras de Urbanización. del recinto, incluyendo caminos interiores y cierros
 - Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado.
 - By – pass.
- **Lagunas Aeradas Multicelulares y Lombrifiltro.**
 - Edificación de Fuerza y Control.
 - Bodega.
 - Sala de Cloración y cilindros/contenedores de cloro.
 - Obras de Urbanización. del recinto, incluyendo caminos interiores y cierros
 - Sistema de Agua Potable, servicio y Alcantarillado

5.2.2.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

5.2.2.1.- LODOS ACTIVADOS.

Los parámetros de diseño de un sistema de Lodos Activados son la Edad del Lodo (θ_c) que indica el tiempo que el lodo debe permanecer en el sistema y la relación Alimento/Microorganismos, conocido como F/M por sus siglas en inglés (Food/Microorganisms). La aplicación de parámetros de diseño como el Tiempo de Retención hidráulico no tienen sentido teórico, y los valores que se encuentran en la bibliografía son cuando mucho apropiados para aguas servidas domésticas.

Para Aeración Extendida y Aguas Servidas Domésticas, la “Edad del Lodo” o Tiempo de Retención Celular” oscila entre 20 y 30 [días], en tanto que para Lodos Activados a Media Carga, Convencionales, Mezcla Completa, Contacto-Estabilización, varía entre 5 y 15 [días]. Se acepta que un proceso con una Edad del Lodo mayor a 20 – 25 [días] producirá un lodo mineralizado que no necesitará digestión posterior, mostrando la experiencia que en determinadas PTAS se han encontrado lodos que con una edad de 20 días no se encuentran estabilizados del todo.

La razón F/M se determina dividiendo los Kg de Alimento (o Carga Orgánica del afluente expresada en KgDBO/día, calculable como = DBO [mg/l] * Caudal [m³/día] / 1000) por la cantidad en Kg de Sólidos Suspendidos del Licor Mezclado en el tanque de aireación. Dicha cantidad de Sólidos Suspendidos se puede calcular considerando la parte volátil (SSVLM) o los totales (SSLM), siendo los volátiles un 75% aproximadamente de los totales. La cantidad de Sólidos se calcula como el producto de la concentración de SSLM o SSVLM (2 a 6 [KgSSLM/m³] dependiendo del proceso) y el volumen del estanque.

Lo anterior se resume como.

$$F/M = \frac{CO \text{ [KgDBO/día]}}{(SSLM \text{ o SSVLM [Kg/m}^3]) * V \text{ [m}^3]}$$

Para el caso de los procesos por aireación extendida, la razón F/M fluctúa entre 0,05 y 0,15 [KgDBO/KgSSVLM/día].

La relación entre la Edad del Lodo y F/M se obtiene a partir de:

$$\theta_c \text{ [días]} = 1 / (P_x * F/M) \quad (\text{con F/M en [KgDBO/KgSSLM/día]})$$

Px es la cantidad de lodo en exceso que se produce en el tratamiento biológico, la que para aguas servidas domésticas oscila entre 0,6 y 1,5 Kg. De sólidos suspendidos totales por Kg. De DBO removida, según el tipo de tratamiento. Algunos valores típicos para Px en aguas servidas son 0,7 – 0,9 para aeración extendida, 1,0 – 1,2 para lodos activados a media carga y convencionales y 1,5 para alta tasa.

Como criterio de diseño, los rangos normalmente adoptados para las diferentes versiones más comúnmente adoptadas de Lodos Activados corresponden al siguiente detalle.

LODOS ACTIVADOS

PROCESO	Edad Lodo [días]	F/M KgDBO/KgSSVLM/d	SSLM [mg/l]	Recirc Qr/Q	Rem DBO %
Convencional	5 – 15	0,2 – 0,4	1500 – 3000	0,3 – 0,8	85 – 95
Mezcla Completa	5 – 15	0,2 – 0,6	2500 – 4000	0,3 – 1	85 – 95
Contacto Estabilización	5 – 15	0,2 – 0,6	(1000 – 3000) (a) (4000 – 10000) (b)	0,5 – 1,5	80 – 90
Aeración Extendida (Excepto Zanja Oxidación)	20 – 30	0,05 – 0,15	3000 – 6000	0,5 – 1,5	75 – 95
Alta Tasa	5 – 10	0,4 – 1,5	4000 – 10000	1 – 5	75 – 90
Zanja Oxidación	10 – 30	0,05 – 0,3	3000 – 6000	0,8 – 1,5	75 – 95
Reactor Secuencial Discontinuo		0,05 – 0,3	1500 – 5000	N/A	85 – 95
Laguna Aerada Mezcla Completa	2 – 5		100 – 360	0	(c)

(a) Unidad de Contactores

(b) Unidad de Estabilización de Sólidos

(c) 50 – 60 % en la laguna aerada, 90% con separación de sólidos en laguna de sedimentación

El resumen de los criterios de Diseño a emplear obedecerá al siguiente detalle

o CAUDALES.

COMPONENTE UNITARIA	CAUDAL						CRITERIO
	MÍNIMO	MEDIO			MÁXIMO		
		Anual	Verano	Invierno	DIARIO	HOR.	
Planta Elevadora	X						Tiempo Retención menor a 20 min
Caudal Bombeo						X	Número de partidas por hora
							10% superior a Q _{máx}
Tratamiento Preliminar							
Medidor de caudal	X					X	Medición en todo el rango
Rejas						X	Velocidad no superior a 1 m/s
Desarenador	X					X	Tiempo de retención entre 3 y 10 min
						X	Tasa de decantación entre 15 y 100 m/h
Sedimentación Secundaria		X	X	X			Criterio ATV
						X	Criterio ATV
Lodo Activado Retorno					X		Entre 50 y 150 % del Q _{medio}
Cloración		X	X	X			Tiempo Retención de 30 min
						X	Tiempo de Retención de 15 min

○ **CARGAS.**

COMPONENTE UNITARIA	CARGA						CRITERIO
	MÍNIMA	MEDIA			MÁXIMA		
		Anual	Verano	Invierno	DIARIA	HOR.	
CIRCUITO LIQUIDO							
Estanque Aeración Carga DBO		X	X	X			Define volumen de la unidad
Sedimentación Secundaria Carga de Sólidos						X	Criterio ATV
Aeración Carga DBO		X	X	X			Determina Consumos Energía
Carga DBO					X		Define Capacidad Aeración
Carga DBO						X	Define Capacidad Instalada
CIRCUITO DE LODOS							
Lodo Activado Exceso Carga de sólidos					X		Proporcional a la Carga de DBO
Espesamiento Gravitacional Carga de sólidos					X		Tasa < 30 kg/m2/d
Digestión Aeróbica Carga de sólidos		X	X	X			Tiempo de retención sobre 15 d
Carga SSV		X	X	X			Se requiere remoción sobre 38%
Digestión Anaeróbica Carga de sólidos		X	X	X			Tiempo de retención sobre 15 d
Carga SSV		X	X	X			Se requiere remoción sobre 38%
Deshidratación Carga de sólidos		X	X	X			Se requiere secado sobre 18%
Equipamiento Dig. Anaerób. Carga de sólidos		X	X	X			Depende del volumen del reactor

○ **OTRAS VARIABLES.**

COMPONENTE UNITARIA	CONDICION						CRITERIO
	MÍNIMA	MEDIA			MÁXIMA		
		Anual	Verano	Invierno	DIARIA	HOR.	
CIRCUITO LIQUIDO							
Estanque Aeración Edad Lodo (SRT)		X	X	X			Entre 5 y 30 días
SSLM		X	X	X			Entre 2.000 y 4.000 mg/L
Remoción NKT		X	X	X			Nitrificación para NK _{Tef} <50 mg/l.
Sedimentación Secundaria IVL						x	Valor de diseño 150 ml/g (ATV)
Aeración Temperatura agua			X		X	X	Temperatura más desfavorable
Remoción Fósforo		X	X	X	X		Agregado FeCl ₃ para cumplir Cal Ef
CIRCUITO DE LODOS							
Digestión Aeróbica Temperatura lodo				X			Temperatura más desfavorable
Aeración Digestor Aeróbico Reducción SSV		X	X	X			38 % para estabilizar Lodos
KgO ₂ /KgSSVr		X	X	X			2,3 KgO ₂ /KgSSV

En base a lo expuesto en las tablas anteriores, se presenta a continuación un detallado específico de las condiciones de borde y de diseño de las configuraciones por Lodos Activados.

- Condiciones Generales.
 - Temperatura Aguas Servidas.
 - Invierno variable en cada localidad.
 - Verano variable en cada localidad.
 - Altitud variable en cada localidad.
- Calidad del Efluente
 - DBO 35 mg/l
 - Sólidos Suspendidos 35 mg/l
 - Coliformes Fecales 1000 NMP/100ml.

Con respecto a la calidad establecida a los SST del efluente, el comportamiento de un sistema de tratamiento por Lodos Activados alcanza la remoción de DBO en forma asociada a los SST y en el orden establecido (90 – 95 %), no siendo dable segregarse entre una eficiencia alta de remoción de DBO (35 mg/l en el efluente) y una eficiencia baja de remoción de SST (80 mg/l en el efluente). Adicionalmente, la optimización de la dosificación de Cloro para la desinfección del efluente es directamente proporcional al contenido de SST, de modo que mientras más baja la concentración de este parámetro se requerirá una menor dosis de Cloro. A objeto de tener coherencia entre los parámetros al analizar esta alternativa, se establece un límite en Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 35 en lugar de 80 mg/l, consistente con el límite de 35 mg/l en términos de DBO₅ y con una adecuada desinfección del agua servida tratada.

- Características Proceso
 - Tipo Aeración Extendida.
 - Configuración Compacta o Concéntrica.
 - Producción Lodos 0,93 Kg/KgDBO_{REM} (Copiapó)
0,85 (resto localidades)
 - Tanque Aeración
 - OD en el Tanque 2 mg/l
 - SSTLM 3,0 – 4,0 Kg./m³
 - Edad del Lodo 10 días (Copiapó)
25 días (resto localidades)
 - Profundidad 3,5 – 5,5 m.

- Sistema Aeración.
 - Difusión
 - Requerimiento Oxígeno
 - 1,5 Kg/KgDBOrem + 4,6 Kg/KgNH3rem - 2,8 kg/Kg NO3
 - 1,15 Kg/KgDBOrem + 4,6 Kg/KgNH3rem
 - Valor α 0,60 (aeración por Difusión)
 - Valor β 0,95
 - Transferencia Oxígeno 5,5 % / m (aeración por Difusión)
- Sedimentación Secundaria.
 - Criterio Diseño ATV (Alemania)
 - Conc. Lodo Sedimentado 6,7 – 7,5 Kg/m3.
 - Indice Volum. Lodos (IVL) 150 ml/l
 - Profundidad Componente 3,5 – 4,5 m.
- Desinfección.
 - Cloración.
 - Período Retención > 30 min a Qmedio
- Tratamiento Lodos.
 - Espesamiento.
 - Conc. Lodo Espesado 25 Kg/m3.
 - Profundidad Componente 3,5 – 4,0 m.
 - Tasa Carga < 30 Kg/m2/día.
 - Deshidratación
 - Mecanizada o Lechos de Secado.

5.2.2.2.- LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.

Las Lagunas Aeradas Multicelulares pueden ser asimiladas a un proceso de lodos activados sin recirculación, lo que permite tener criterios de diseño claramente definidos, de acuerdo al siguiente detalle.

○ **CRITERIOS DE DISEÑO.**

Los criterios de diseño más relevantes son los siguientes.

- Tiempo de retención 3 días (Mezcla Completa)
- Demanda de Oxígeno 1,25 [KgO₂/KgDBO]

El modelo usado para el diseño será el de O'Connor & Eckenfelder, para las constantes cinéticas recomendadas por Alem, las que han demostrado su validez en Chile y que obedecen al siguiente detalle.

CONSTANTE CINETICA	Desig	Unidad	VALOR	
			5 < T < 14 °C	T > 14 °C
Coefficiente de Producción Celular	Y	[gSSV/gDBO]	0,7	0,7
Coefficiente de Respiración Endógena	b	[1/día]	0,06	0,08
Coefficiente de Degradación	k'	[1/día]	0,03	0,05

En cuanto al resto de las principales variables del modelo adoptadas para el dimensionamiento, son las siguientes

VARIABLE	Unidad	Valor
Razón SSV/SST		0,85
Reducción Anaeróbica SSV 1er año	[%]	60
Humedad lodo de fondo	[%]	95
Concentración lodo de fondo	[Kg/m ³]	50
Humedad lodo purgado	[%]	97
Concentración lodo purgado	[Kg/m ³]	30
SST efluente Laguna Sedimentación	[mg/L]	25

Las lagunas serán equipadas con Aeradores, los que pueden ser del tipo flotante, fijo o sumergido y rápido o lento, siendo los más comunes los flotantes de alta o baja rotación. En la elección del aerador se considerará la potencia necesaria para suplir tanto los requerimientos de oxígeno como también la potencia necesaria para proveer mezcla completa (mantención de los sólidos en suspensión).

En cuanto a la Transferencia de Oxígeno, Aeración y Mezcla requeridos, para fines de diseño, los aeradores mecánicos son tasados en términos de Eficiencia de Transferencia de Oxígeno (N), expresada como Kg O₂/KWH en condiciones standard. Este valor, obtenido de los catálogos de los proveedores, será corregido para condiciones de campo, utilizando lo siguiente.

- Concentración de saturación de oxígeno en agua limpia en condiciones standard correspondiente a la misma temperatura utilizada por el proveedor y a nivel del mar
- Corrección por temperatura con factor θ (T-TcondStd)
- Corrección por presión atmosférica (altitud).
- Los valores usualmente aceptados para los coeficientes involucrados en el dimensionamiento serán los siguientes:

$$\theta = 1,024$$

$$\beta = 0,95$$

$$\alpha = 0,85 \text{ (para aeradores superficiales)}$$

$$C = 2 \text{ [mg/l]}$$

En términos de los requerimientos de oxígeno, se utilizará el valor recomendado por Alem, vale decir, 1,25 [KgO₂/KgDBO].

En cuanto a los Aeradores, se adoptarán aeradores superficiales de alta rotación y flujo ascendente con una transferencia de oxígeno en condiciones estándar de 1,5 [KgO₂/kWh].

Para las Lagunas de Sedimentación parcialmente aeradas, se utilizarán también aeradores superficiales de alta rotación.

Adicionalmente, se considera una densidad de potencia mínima para mezcla completa de 5 – 6 [W/m³] y de 1,5 – 2 [W/m³] para las Lagunas de Sedimentación.

Considerando los criterios de diseño señalados, el dimensionamiento del sistema de tratamiento obedecerá a los siguientes criterios.

- El Período de Retención en la laguna Aerada Multicelular de cualquier escenario (Media anual, Punta y No Punta), tendrá un período de retención de 3 días, trabajando a profundidad en el rango de 2,5 - 3,5 metros.
- En la Laguna de Sedimentación Parcialmente Aerada, el tiempo de retención tendrá un mínimo de 2,0 días descontando el volumen ocupado por los lodos. Un tiempo mayor en la Laguna Aerada sólo redundará en un mayor costo, en tanto que en la laguna de sedimentación, aumenta las posibilidades de que se generen algas en el efluente. La Laguna estará dividida en 2 celdas por medio de una cortina.

- En término de los requerimientos de oxígeno, se asumirán valores mayores a los predichos por los modelos con el fin de absorber cargas peak y las fluctuaciones propias de las aguas servidas. Algunos fabricantes recomiendan usar 1 [KgO₂/KgDBO], en tanto que autores como Alem prefieren usar un valor más conservador de 1,25 [KgO₂/KgDBO].
- Para proveer el grado de Aeración y agitación necesarios en la laguna Aerada se consideran referencialmente Aeradores superficiales con una Transferencia de Oxígeno en condiciones estándar de 1,5 [KgO₂/KWH]. Esta transferencia es del orden de un 10% menor a lo normalmente usado, y se debe al efecto que se produce al operar en un estanque (laguna) con una menor densidad de potencia que la usada en las pruebas de determinación de la transferencia estándar.
- Se contemplará adicionalmente una densidad de energía mínima para mezcla completa entre 5 y 6 [W/m³].
- En la Laguna de Sedimentación Parcialmente Aerada se incluirá mínimo 1 (un) aerador superficial por celda para satisfacer la densidad de mezcla requerida.
- Para la desinfección por Cloración, se considerará un estanque de contacto con un tiempo de retención mayor a 30 minutos a condiciones de cualquier caudal medio (Anual, Punta y No Punta) y estará constituido por determinado número de canales de ancho y profundidad de la masa líquida.
- El sistema de Cloración será a base de Hipoclorito de Sodio o Cloro Gas según la población servida a tratar sea menor o mayor a 5.000 habitantes respectivamente.
- La deshidratación de Lodos se efectuará durante 4 meses del verano (con lo que la producción anual de lodos será deshidratada en 120 días) por medio de Lechos de Secado, cuyas condiciones de borde para el dimensionamiento contemplan una altura de lodos máxima de 30 cm y un tiempo de Retención de los lodos de 21 días (tiempo establecido en CEXAS Melipilla para deshidratación de lodos en el verano).

El resumen de los criterios adicionales de Diseño a emplear obedecerá al siguiente detalle

○ **CAUDALES.**

COMPONENTE UNITARIA	CAUDAL						CRITERIO
	MÍNIMO	MEDIO			MÁXIMO		
		Anual	Verano	Invierno	MENS	HOR.	
Planta Elevadora	X						Tiempo Retención menor a 20 min
Caudal Bombeo						X	Número de partidas por hora 10% superior a Q _{máx}
Tratamiento Preliminar							
Medidor de caudal	X					X	Medición en todo el rango
Rejas						X	Velocidad no superior a 1 m/s
Desarenador	X					X	Tiempo de retención entre 3 y 10 min
						X	Tasa de decantación entre 15 y 100 m/h
Laguna Aerada Multicelular.		X	X	X	X		Período Retención 3 días
Laguna Sedimentación Parcialmente Aerada (2)		X	X	X	X		Per Ret 1 día descont Vol Lodos
Cloración		X	X	X			Tiempo Retención de 30 min

○ **CARGAS.**

COMPONENTE UNITARIA	CARGA						CRITERIO
	MÍNIMA	MEDIA			MÁXIMA		
		Anual	Verano	Invierno	MENS	HOR.	
CIRCUITO LIQUIDO							
Aeración Lag Aer Multicelular		X	X	X			Determina Consumos Energía
					X		Define Capacidad Aer para C Org
CIRCUITO DE LODOS							
Lechos Secado			X				Carga < 125 Kg/m ² /año
			X				Período Secado 28 días
			X				Altura Lodo en Lechos 30 cm.

○ **OTRAS VARIABLES.**

COMPONENTE UNITARIA	CONDICION						CRITERIO
		MEDIA			MÁXIMA		
		Anual	Verano	Invierno	MENS	HOR.	
Lag Aerada Multicelular		X	X	X	X		Pot Inst : Mayor 5 W/m ³ ó Req Aer
Laguna Sedimentación Parcialmente Aerada							Pot Inst : 1,5 – 2 W/m ³

5.2.2.3.- LOMBRIFILTRO.

Los Parámetros de Diseño del Lombrifiltro son semejantes a los de los sistemas en base a Cultivo Fijo por Filtros Biológicos (FB), operando conceptualmente como un FB de baja carga hidráulica con un medio mucho más fino (y colmatable), el que actúa como filtrante y como soporte de biomasa. La tendencia a la colmatación es controlada por las propias lombrices que se alimentan de la zooglea. Adicionalmente, las lombrices en su movimiento por el medio mantienen la permeabilidad del mismo.

Considerando lo señalado, las principales características para el dimensionamiento del sistema de tratamiento son al menos las siguientes.

- Las Cargas Hidráulicas son mucho menores que las de cualquier FB.
- El sistema permite Cargas Orgánicas altas. No obstante, es preferible cargarlo con concentraciones de sólidos no mayores a 500 mg/l, ya que podrían tender a colmatar la superficie del lecho.
- Las temperaturas a las que el sistema funciona normalmente, oscilan 3 y 40°C, debiendo considerar que la temperatura del agua servida cruda y aunque las temperaturas ambientales sean bajas, la temperatura al interior del filtro están alrededor de 10 – 15°C debido a los procesos de combustión interna producto de la digestión bacteriana.
- Los sistemas empleados de distribución del agua servida en el lombrifiltro son en general del tipo riego con aspersores tipo Wofler y diámetro de salida entre 6 y 8 mm para evitar su obstrucción. Se debe usar previamente un tamiz separador de sólidos como por ejemplo del tipo parabólico estático de 0,5 mm de separación
- La limpieza y manejo del lecho requiere dedicación (mano de obra), siendo las principales actividades requeridas el “horqueteo” (abrir el lecho con horqueta para mantener un esponjamiento adecuado y permitir que sólidos retenidos en la superficie se incorporen al lecho) y la mantención de los aspersores libres de obstrucción.
- Al interior del sistema se genera humus de lombriz y se degrada la viruta, debiendo el primero ser retirado y la viruta ser repuesta a determinadas frecuencias.
- La experiencia local muestra que la reposición anual de viruta es del orden del 20% del volumen, la que se realiza en forma totalmente manual.

Las eficiencias de remoción de NKT y PT son altas, pudiendo incluso superar a las de un Lodo Activado. En el caso del NKT, el sistema presenta nitrificación casi completa, entendible a la luz de que en su calidad de organismos vivos, las lombrices y la población microbiana presentes también requieren nutrientes para su metabolismo.

En términos comparativos con otros sistemas convencionales de tratamiento, las principales características del sistema pueden resumirse del siguiente modo.

- Los sólidos orgánicos se degradan transformándose en humus, el que se constituye un subproducto que puede reutilizarse como abono agrícola.
- Bajos costos de Operación con respecto a otras tecnologías.
- Mantenimiento muy simple.
- Remoción de los principales parámetros orgánicos superiores al 90%.

6.- DIMENSIONAMIENTO Y VALORIZACION DE LAS PTAS.

Una vez definido el tipo de tratamiento eficiente por localidad, se alimentaron las Bases de Cálculo para obtener el dimensionamiento y la consecuente valorización de la PTAS, desglosada del siguiente modo.

- **DIMENSIONAMIENTO.** Considerando los Criterios y Variables de Diseño de la PTAS detallados anteriormente, se efectúa el Dimensionamiento de todas las componentes unitarias entregando las dimensiones de las mismas y las principales características técnicas de los equipos asociados.
- **VALORIZACIÓN DE LOS COSTOS DE INFRAESTRUCTURA.** Se valorizan los Costos mediante Cubicaciones de Obras Civiles, Costos de Equipos, Interconexiones Hidráulicas e Instalaciones Eléctricas y los respectivos precios unitarios.
- **GASTOS OPERACIONALES.** Se valorizan los Gastos Operacionales asociados al funcionamiento de la PTAS (energía, productos químicos, dotación de personal, producción de lodos, etc.).

Las principales características de la Herramienta de PTAS referidas al dimensionamiento, valorización y gastos operacionales de cada PTAS pueden resumirse de acuerdo al siguiente detalle.

6.1.- DIMENSIONAMIENTO DE LA PTAS.

El modelo de cálculo adoptado permite la adecuada flexibilidad y parametrización de las principales variables de interés para obtener el Costo de Inversión más conveniente, dando cuenta de los siguientes aspectos.

- Alimentación de Bases de Cálculo, Definición de Criterios y Parámetros de Diseño, Modelos y Cálculos Cinéticos utilizados.
- Parametrización de las Variables asociadas al Dimensionamiento, permitiendo las sensibilizaciones ante cambios en la demanda (y todos los parámetros asociados a ella) los precios unitarios, etc.
- Dimensionamiento de las Obras asociadas, incluyendo el análisis tanto del circuito líquido como del circuito de lodos, con criterios de eficiencia técnica y definición de materiales eficientes tanto desde el punto de vista técnico como económico.

6.2.- VALORIZACION DE LOS COSTOS DE INVERSION DE LA PTAS.

La valorización del sistema de tratamiento obedece metodológicamente al siguiente detalle.

- Cubicación de las Obras Civiles e infraestructura requerida para la solución dimensionada, detallando las principales características técnicas, las obras a ejecutar y los terrenos requeridos.
- Cuantificación de los Costos de Inversión asociados a la configuración seleccionada del sistema, introduciendo criterios de eficiencia tales como materiales más convenientes técnica y económicamente.
 - **Obras Civiles.** Incluyen movimientos de tierras (excavaciones, rellenos, retiros de excedentes), obras de edificación, obras de hormigón, cámaras, etc. Los costos de Obras Civiles se calculan sobre la base de las cubicaciones de las obras proyectadas a nivel de prefactibilidad y los respectivos precios unitarios provenientes de la base de datos.
 - **Tuberías y Accesorios.** Incluyen el suministro e instalación de tuberías de diversos materiales, con sus respectivas piezas especiales (sin mecanismos).

- **Equipos.** Considera todos los Equipos requeridos para la operación adecuada del sistema incluyendo bombas, dosificadores, piezas especiales con mecanismos, válvulas, etc.
Los precios de los Equipos provienen del banco de datos generado en base a cotizaciones específicas.
En lo referido a la vida útil de los Equipos, está basada fundamentalmente en un estudio específico realizado por la SISS al respecto tanto para Lodos Activados como Lagunas Aeradas Multicelulares (Anexo 4).
- **Instalaciones Eléctricas y de Automatización.** Considera subestaciones aéreas, tableros eléctricos, enlaces de fuerza y control e instalaciones de Automatización basados en los precios de Cotizaciones específicas.

La Infraestructura de Apoyo referida a los **Macromedidores** está valorizada en términos de la Obra Civil requerida para el emplazamiento de la Canaleta Parshall y el Medidor y se encuentra contemplada dentro de los costos de inversión de las PTAS.

Con respecto a los Grupos Generadores son costeados en otra parte del presente estudio Tarifario, para lo cual se entregan los requerimientos físicos y características necesarias para su valorización.

En general, las obras incluidas en el análisis de Costos de Inversión del sistema de tratamiento considerado se agrupan de acuerdo al siguiente detalle.

- Tratamiento Preliminar (cámara de rejillas y desarenador).
- Tratamiento Primario (si corresponde).
- Tratamiento Biológico.
- Desinfección.
- Tratamiento, Deshidratación y Disposición de Lodos.
- Edificaciones y Obras de Urbanización.
- Control y Comando (Telemetría Central), Bodega y Laboratorio Básico.
- Red Agua Potable y Alcantarillado del recinto.
- Terrenos.

De acuerdo a la estructura del proceso Tarifario, las Plantas Elevadoras de Aguas Servidas (PEAS), Impulsiones, Emisarios de llegada y Colectores de Descarga al curso receptor forman parte de la Red de Alcantarillado, por lo cual no se considera su dimensionamiento y valorización en la presente Herramienta.

Los resultados de la valorización se expresan en términos de las componentes definidas en la estructura de información del proceso tarifario, vale decir.

- Obras Civiles
 - Equipos
 - Obras Eléctricas
 - Tuberías y Accesorios
- Adicionalmente, la Herramienta contempla la incorporación de los siguientes Costos asociados.
- Costos de Inversión de las Singularidades Específicas (Obras Especiales) no contempladas en la construcción de obras habituales de sistemas de tratamiento (defensas fluviales, enrocados de protección, drenes de infiltración, etc.). La información relativa a las Obras Especiales propiamente tales de cada PTAS es extraída de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) e información de la empresa.
 - Costos de Inversión de otras obras asociadas a las Resoluciones de Calificación Ambiental, RCA.
 - Costos de Estudios y Requerimientos Ambientales.

En cuanto a los Costos de Inversión del Lombrifiltro incluyen los siguientes ítems.

- Ingeniería.
- Obras Civiles (Planta Elevadora, Tratamiento Preliminar, Lombrifiltro propiamente tal, Cámara para atrapar lombrices y Estanque Contacto Desinfección).
- Equipos y Componentes (Bombas de impulsión, equipos de Desinfección, Panel de Control, techo malla rachell, rellenos del Lombrifiltro, red de riego).

El sistema de tratamiento y la consecuente valorización del mismo considera las siguientes condiciones de borde.

- Material de Construcción de las Obras Civiles.

Los costos de inversión de las plantas de tratamiento varían de acuerdo al tamaño del sistema de tratamiento y los materiales de construcción. En el actual estado del arte se han desarrollado proyectos con diversos materiales de construcción (Hormigón Armado, Albañilería reforzada, Bloquetas de cemento, etc.), destacando que para proyectos de menor envergadura (menos de 100 personas) se usan estanques de fibra de vidrio y plástico rotomoldeados.

- Componentes Unitarias de Plantas Elevadoras y Tratamiento Preliminar, Sedimentación y Estanque de Contacto para Desinfección.
 - Estanques de Hormigón Armado (H30).
- Lombrifiltro.
 - Radier y muros de hormigón armado (H-30)
 - Radier de hormigón armado (H-30) y muros de albañilería reforzada, con estuco interno.
 - Inoculación de Anélidos y Bacterias.
- Construcción en un terreno plano y sin escombros, con nivel de napa freática bajo los 5 metros.
- Características de los Equipos.
 - **Planta Elevadora de Aguas Servidas.** Bombas eléctricas sumergidas o superficiales según tamaño de planta de tratamiento.
 - **Tratamiento Preliminar.** Rejas autolimpiantes para plantas de mayor tamaño.
 - **Desinfección.** Bombas dosificadoras de Cloro y “Canaleta Parshall” en plantas grandes.
- Características de otras componentes.
 - **Rellenos.** Bolones, doble fondo, aserrín y lombrices.
 - **Techo.** Cerrado de Superficie con perfiles y tensores forrados por malla rachell.
 - **Red de Recolección.** Tuberías sanitarias de PCV C4 y cámaras de inspección
 - **Red de Riego.** Tuberías de PVC C10.

6.3.- COSTOS DE OPERACIÓN.

La Herramienta obtiene los costos mínimos indispensables para poder ejecutar las funciones operacionales de la PTAS de acuerdo a las exigencias normativas vigentes.

Metodológicamente, esta actividad contempla la Definición y cuantificación de los Costos Directos de Operación en base a los siguientes aspectos.

- **COSTOS DE PERSONAL.**

El costo del personal contempla los requerimientos específicos en número y tiempo de dedicación mínima requerida para que cada sistema opere a cabalidad (profesionales, analistas laboratorio, técnico electromecánico, operarios calificados, no calificados, etc.) y el Costo Empresa de los diversos estamentos considerados.

Para estos efectos, el análisis contempló la totalidad de las PTAS, de modo de aprovechar aquellos requerimientos específicos menores a la jornada completa (Mantenimiento, operadores móviles, etc.) de manera integral y optimizada.

La dotación de personal se definió considerando cada actividad a nivel de área-función contemplando los siguientes aspectos.

- Cargos necesarios para el desarrollo de cada actividad o función.
- Actividades o funciones que deben ser desarrolladas para el funcionamiento (operación y mantenimiento) de cada PTAS.
- Requerimientos de horas-hombre que demandará cada actividad o función.

El requerimiento de personal adoptado obedece al siguiente detalle.

El costo del personal requerido para la operación de las PTAS será incluido en el Costo de Operación y Mantenimiento Global de toda la infraestructura sanitaria.

	NOMBRE PTAS	TECNOLOGÍA	Supervisor PTAS	Operador Calificado	Operador Semi Calificado	Electromecánico		Instrumentista	Laboratorista
						Fijo	Móvil	Móvil	
ZONA NORTE	DIEGO DE ALMAGRO	LACT	0,45	2,0	0,0	0	0,25	0,10	0,00
	EL SALADO	LOMBRIFILTRO	0,10	0,0	2,0	0	0,15	0,05	0,00
	INCA DE ORO	LOMBRIFILTRO	0,10	0,0	2,0	0	0,15	0,05	0,00
	CALDERA	LAG. AERADA	0,20	1,0	0,0	0	0,20	0,05	0,00
ZONA CENTRO	COPIAPÓ	LACT	0,55	12,0	0,0	1	0	0,43	1,00
	TIERRA AMARILLA	LACT	0,45	2,0	0,0	0	0,15	0,10	0,00
ZONA SUR	VALLENAR	LAG. AERADA	0,40	3,0	0,0	0	0,40	0,15	0,00
	FREIRINA	LACT	0,45	2,0	0,0	0	0,35	0,05	0,00

○ **COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

En general, uno de los principales costos variables de los sistemas biológicos del tipo convencional corresponde al del sistema de aeración del tratamiento biológico (aeradores y/o agitadores), especialmente cuando se trata de sistemas por cultivo suspendido (lodos activados, lagunas aeradas). El resto del consumo de energía eléctrica de la planta corresponde a otras componentes y equipos que usan energía (elevación de aguas servidas, bombeo de lodos, barredores del espesador y/o sedimentador (si procede), desinfección, alumbrado general, etc.).

Los consumos de energía de la PTAS se dimensionan en base a los siguientes resultados que entrega el dimensionamiento.

- Número y Potencia de cada equipo requerido por la solución de infraestructura diseñada en la PTAS.
- Requerimientos de energía de instalaciones auxiliares de la PTAS.
- Configuración Operativa (tiempos de operación de los equipos) asociada a la tarifa pertinente.

El costo anual asociado a energía en la PTAS se obtiene de acuerdo a los costos unitarios de la tarifa eléctrica de la Empresa específica de cada localidad.

○ **PRODUCTOS QUÍMICOS.**

Los criterios de consumo de productos químicos necesarios en los procesos de tratamiento de aguas servidas se determinan considerando la aplicación de dosificaciones eficientes aplicadas a los volúmenes a tratar (de acuerdo a la normativa e instrucciones vigentes) y un precio de mercado eficiente.

Para ello, se determinan los insumos químicos requeridos para el adecuado funcionamiento de cada PTAS y definen las dosificaciones eficientes de cada insumo químico y las bases sobre las cuales se aplica dicha dosificación.

La determinación del Costo Anual asociado a cada insumo químico se obtendrá en base a los costos locales de los mismos.

En lo referido a la componente unitaria de Desinfección de las aguas servidas tratadas, las Empresas contemplan en su mayoría Cloración. Se define el equipamiento y tipo de Reactivo a usar (Hipoclorito de Sodio, Cloro Gas en cilindros, cloro gas en contenedores, etc.) en función del tamaño de la población.

En la desinfección por Cloración, se adopta una dosis específica de Cloro Activo para cada localidad en función del tipo de tratamiento adoptado, los consumos reportados por la empresa y la dosis eficiente, lo que junto al costo local asociado al reactivo [\$/KgCloro] permite la estimación de los costos anuales por este concepto.

○ **TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE LODOS.**

El costo de transporte y disposición de los lodos generados se valoriza considerando alternativas de escenarios viables que puedan ser aprobadas por la autoridad ambiental y los costos unitarios locales por concepto tanto de transporte como de disposición de lodos, considerando los siguientes aspectos.

- Análisis de los escenarios y puntos de disposición de lodos de las PTAS.
- Análisis de antecedentes de mercado respecto de costos de transporte en la región.
- Diseño de la solución de disposición de lodos (frecuencia y cantidad de lodos a disponer), considerando la infraestructura y condiciones locales óptimas.

○ **ANÁLISIS DE LABORATORIO Y MONITOREO AMBIENTAL.**

Los Análisis de Laboratorio y Monitoreo Ambiental se valorizan a precios de mercado, considerando los recursos necesarios para dar cumplimiento a los requerimientos ambientales de la autoridad, así como también aquellos necesarios para el control interno de cada PTAS, de acuerdo al siguiente detalle.

- Determinación de los requerimientos de análisis de laboratorio exigidos por la normativa vigente (DS 90/00) y la frecuencia de cada uno de ellos (ORD 1.282 de la SISS).
- Determinación de los requerimientos de análisis de lodos establecidos en la normativa vigente (DS 04/09).
- Determinación de los requerimientos de análisis de laboratorio necesarios para el Control Operacional de la PTAS.
- Análisis de los precios unitarios de contratos de análisis de laboratorio vigentes de la empresa y de cotizaciones en el mercado. Selección del precio más eficiente.
- Determinación del costo total de análisis de laboratorio de la PTAS.
- Análisis de la RCA de la PTAS y determinación de los requerimientos de estudios y análisis, con la periodicidad correspondiente. Análisis comparativo con la información entregada por la empresa.
- Determinación del costo total de análisis ambientales derivados de RCA en base a los gastos informados por la empresa para esta actividad.

En cuanto a los Costos de referenciales de Operación del Lombrifiltro consideran lo siguiente.

- Tratamiento Preliminar.
 - Energía de las bombas de impulsión.
 - Energía de las rejas autolimpiantes (cuando procede).
- Biofiltro.
 - Reposición anual de aserrín.
- Desinfección.
 - Reactivos.
 - Energía de bombas dosificadoras.
- Personal.
 - Operador de planta de tratamiento
 - Mantenimiento de equipos (bombas, rejas) y piezas (piping).

La Operación considera mano de obra no calificada para realizar las labores fundamentalmente de Horqueteo de la superficie del Filtro, limpieza de aspersores y ductos, limpieza de cámaras de rejas y canastillos, reposición de Cloro, etc.

La limpieza y manejo del lecho del Lombrifiltro requiere alta dedicación (mano de obra) y las principales actividades relacionadas con ello son el “horqueteo” (abrir el lecho con horqueta para mantener un esponjamiento adecuado y permitir que sólidos retenidos en la superficie se incorporen al lecho) y la mantención de los aspersores libres de obstrucción.

Por otro lado, al interior del sistema se genera humus de lombriz y se degrada la viruta, por lo que el primero debe ser retirado y la viruta ser repuesta a determinadas frecuencias. En cuanto a la producción de humus, la experiencia local permite saber que es baja.

En lo referido al material de sustento, consta de doble capa (una de bolones y grava y otra superficial de viruta y/o aserrín grueso). El material de sustento sujeto a reposición corresponde al aserrín y/o viruta, la que debe reponerse generalmente en forma anual. En condiciones normales no se considera la resiembra de lombrices u otros elementos de los rellenos aparte del aserrín.

6.4.- MANTENCION DE LA PTAS.

Los Costos de Mantenimiento de la PTAS se definen a partir de los recursos asociados a los materiales y repuestos necesarios para mantener la operatividad de los equipos requeridos de la PTAS (Anexo 6), considerando los siguientes aspectos.

- Frecuencia y tipo de mantenimiento requerida por los equipos diseñados en la solución de infraestructura, considerando para cada equipo tipo las recomendaciones de los proveedores para su mantenimiento.
- Determinación de los requerimientos de materiales, repuestos y horas-hombre para cada tipo de mantenimiento definida.

En cuanto a la mantención de las Obras Civiles se considera como un 0,5% del costo total de inversión de las Obras Civiles.

6.5.- REQUERIMIENTOS DE TERRENO.

Con el dimensionamiento del sistema de tratamiento de la localidad, la Herramienta determina los requerimientos mínimos de terreno necesarios para el emplazamiento de la PTAS.

7.- ESTRUCTURA DE LA HERRAMIENTA DE DIMENSIONAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE LAS PTAS.

Para efectos de una adecuada visualización, se puede establecer que estructuralmente la Herramienta está dividida en 2 áreas globales constituidas por el Dimensionamiento y Cubicaciones de las Obras y por la Valorización de la PTAS, cuyas principales características se detallan a continuación.

7.1.- DIMENSIONAMIENTO Y CUBICACIONES DE LAS OBRAS DE LA PTAS.

Esta parte de la Herramienta está estructurada en base a Modelos Principales y Modelos Auxiliares. Los Modelos Principales corresponden al Dimensionamiento de las Obras Civiles de todas las componentes unitarias de la PTAS así como la definición del tipo y capacidad de los Equipos asociados, y son los siguientes.

- Lodos Activados a Media Carga.
- Lodos Activados por Aeración Extendida.
 - Planta Concéntrica.

- Lagunas Aeradas Multicelulares.
- Instalaciones Eléctricas.
- Interconexiones Hidráulicas
- Planta Elevadora de Aguas Servidas.
- Área mínima requerida para la PTAS

Los Modelos Auxiliares corresponden a la Cubicación de las Obras, las que se encuentran contenidas en las siguientes planillas.

- Estanques Circulares Concéntricos.
- Estanque Rectangular de Hormigón Armado con división de estanques interiores.
- Lagunas.
- Estanque Circular de Hormigón Armado.
- Estanque Rectangular de Hormigón Armado.
- Estanque Espesador de Lodos de Hormigón Armado.
- Estanque de Acumulación de Lodos de Hormigón Armado.
- Cámara de Contacto para Desinfección.
- Lechos de Secado

Adicionalmente, los Modelos Auxiliares contemplan las siguientes planillas complementarias.

- Cañerías de distintos materiales en todos los diámetros comerciales.
- Bombas de distintos tipos, capacidades y tamaños.

El resto de los elementos de costo contempla Planillas más simples que permiten obtener los costos a través de parámetros específicos de diseño.

- Cámara de Rejas, por rango de Caudal.
- Canaleta Parshall, por rango de Caudal.
- Edificios, Bodegas, Galpones y Casetas, por área (m²).

7.2.- VALORIZACIÓN DE LA PTAS.

Los Modelos de Valorización de las Obras consideran las siguientes planillas.

- Precios Unitarios Obras Civiles.
- Curvas de Costos de Equipos.
- Costos de Instalaciones Eléctricas.
- Costos de Tuberías e Interconexiones.

7.2.1.- OBRAS CIVILES.

Los Precios Unitarios (PU) de los principales ítems de las Obras Civiles incorporados en las Planillas de Presupuesto corresponden a los de la Base de Precios Unitarios del Acuerdo del VI Proceso Tarifario de Aguas Chañar definido luego de Expertos.

7.2.2.- EQUIPOS.

Los precios de los Equipos fueron obtenidos a partir de cotizaciones específicas (Anexo 7) y están individualizados y numerados por ítem en una planilla de la Herramienta, la que alimenta el precio correspondiente a la Planilla de Presupuesto.

8.- COSTOS DE INVERSION.

8.1.- COSTOS DE INVERSION DE LAS PTAS.

La presentación de los Costos de Inversión obtenidos a partir de la aplicación de la Herramienta se encuentra desglosada del siguiente modo.

- INFRAESTRUCTURA DE AGUAS SERVIDAS.
 - CONDUCCIONES.
 - Emisario Afluente
 - Emisario de Descarga
 - PLANTA ELEVADORA DE AGUAS SERVIDAS (PEAS).
 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.
 - Costos Directos
 - Costos Directos A.
 - Urbanización
 - Edificaciones
 - Obras Civiles
 - Interconexiones Hidráulicas.
 - Equipos
 - Obras Eléctricas
 - Montaje Equipos (15 % Costo de los Equipos y Obras Eléctricas)
 - Obras Especiales (Según localidad)
 - Costos Directos B
 - Costos Directos A.
 - Puesta en Marcha (5 % de los Costos Directos A).

- Costos Indirectos
 - Gastos Generales y Utilidades e Instalación de Faenas (39 % Costos Directos)
 - Ingeniería e Inspección de Obras (7,95 % Costos Directos, 5%Ingeniería por fallo de expertos más 2,95% ITO)

La estimación de los Costos Totales de la PTAS obedece a la siguiente relación.

$$\text{Costo Total} = \text{CD} * (1 + (\text{IF} + \text{GGyU})) * (1 + \text{INGeITO})$$

donde.

IF	Instalación de Faenas.
GGyU	Gastos Generales y Utilidades
INGeITO	Ingeniería e Inspección de Obras

- OTRAS INVERSIONES.
 - OBRAS ESPECIALES.
 - TERRENO.
- INFRAESTRUCTURA DE APOYO.
 - MACROMEDIDORES.
 - EQUIPO GENERADOR.

Los Costos de Inversión, expresados en UF por Habitante, consideran las siguientes partidas.

$$\text{UF / Hab} = \text{Costos Directos} + \text{Costos Indirectos.}$$

A objeto de visualizar de mejor manera los costos asociados a la Inversión, se entrega a continuación el resumen de la valorización de las obras requeridas para la PTAS, incluyendo la expresión en UF por habitante, expresado todo en moneda al 31 de Diciembre del año 2012.

La valorización de las PTAS se encuentra detallada “in extenso” en el Anexo 8 del presente Informe, donde se desglosan todos los ítems pertinentes excluyendo aquellos definidos por Expertos y el Costo de Inversión obedece a dos escenarios, el primero de los cuales corresponde a la situación Base (actual) y el segundo a la disposición Futura de lodos en monorrelleno, todo ello de acuerdo al siguiente detalle.

COPIAPÓ - SOLUCIÓN BASE

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LODOS ACTIVADOS MEDIA CARGA					
Datos Generales	Localidad	Copiapo	Dmm	Población	166.922
	Caudal máximo horario	494	800	\$/hab	34.748
	Caudal max diario	336	710	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	72,6
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 5.871.403.904
Tratamiento Preliminar	Rejas				\$ 19.404.500
	Medidor de Caudal Afluyente	Nº	1,0	\$ 5.163.021	\$ 5.163.021
	Desarenador -Desgrasador Rectangular	Nº	2,0	\$ 18.114.906	\$ 36.229.812
		Largo interior	8,6		
		Ancho interior	1,4		
Altura total interior		2,8			
Tratamiento secundario	Estanques de Aeración Concéntrico	Nº	2,0	\$ 606.917.131	\$ 1.213.834.262
		Diametro Exterior	63,0		
		Diametro Interior	32,4		
		Altura útil	5,5		
Desinfección	Cámara de contacto	Nº	2,0	\$ 106.829.826	\$ 213.659.652
	Medidor de Caudal Efluente	Nº	1,0	\$ 5.163.021	\$ 5.163.021
	Cámara Distribución Desinfección	Nº	2,0	\$ 1.272.908	\$ 2.545.816
		Ancho	1,0		
		Largo	1,0		
Altura		2,0			
Lodos	Planta elevadora de lodos (Clarificador-Espesador)				\$ 6.899.098
	Espesador Secundario circular	Nº	2,0	\$ 38.909.804	\$ 77.819.608
		Diámetro	12,0		
		Altura útil	4,0		
		Talud fondo h/v	12,5		
	Digestor Lodos circular	Nº	1,0	\$ 88.322.294	\$ 88.322.294
		Diámetro	17,0		
		Altura útil	6,0		
		Talud fondo h/v	12,8		
	Cancha de Acopio de Lodos	Nº	1,0	\$ 36.352.239	\$ 36.352.239
Largo interior		30,0			
Ancho interior		60,0			
Altura útil					
Planta elevadora de lodos (Espesador-Deshidratación)					\$ 2.259.660
By-Pass	Medidor de Caudal By-pass	Nº	1,0	\$ 5.163.021	\$ 5.163.021
EDIFICACIONES	Edificio de Administración y control	m2	50	\$ 327.902	\$ 16.395.120
	Sala de bombas	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala Generador	m2	24	\$ 131.161	\$ 3.147.863
	Bodega Productos Químicos	m2	20,0	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala de cloración	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala de Sopladores	m2	28	\$ 218.602	\$ 6.120.845
	Edificio de deshidratación de lodos	m2	50	\$ 218.602	\$ 10.930.080
URBANIZACION	Áreas Verdes				
	Arborización	m2	5.250	\$ 2.000	\$ 10.500.000
	Cierros	m2	1.000	\$ 14.559	\$ 14.559.283
	Extensión de matriz de agua potable	ml	100	\$ 16.000	\$ 1.600.000
	Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 5.507.133	\$ 5.507.133
	Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado	Gl	1	\$ 30.570.000	\$ 30.570.000
	Vialidad	m2	2.000	\$ 5.000	\$ 10.000.000
Interconexiones Hidráulicas	Conductos en presión línea de aguas	Gl	1	\$ 224.833.874	\$ 224.833.874
Equipos	Tratamiento Preliminar	Gl			\$ 114.485.932
	Tratamiento Primario	Gl			\$ 2.078.838
	Tratamiento Secundario	Gl			\$ 486.304.900
	Desinfección	Gl			\$ 38.590.933
	Tratamiento de lodos	Gl			\$ 223.048.748
	Otros Equipos	Gl			\$ 77.399.559
Montaje de equipos			15%	Equipos	\$ 217.111.619
Obras Eléctricas					\$ 505.501.886
Puesta en Marcha			5,0%		\$ 185.968.614
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 3.905.340.888
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 1.523.082.946
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 271.421.192
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 160.138.503
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 11.420.375

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			Copiapo	
Población			166.922	
Dotación [l/hab/d]			178,6	
Caudal [l/s]			269,3	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
OOC, Urbanización y Edificaciones		46,9%	1.830.016	80.121
Interconexiones Hidráulicas		5,8%	224.834	9.844
Suministro Equipos, Montaje y Puesta en Marcha		34,4%	1.344.989	58.886
Obras Eléctricas		12,9%	505.502	22.132
	SUB - TOTAL	100%	3.905.341	170.981
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	1.523.083	66.683
	SUB - TOTAL	39,00%	1.523.083	66.683
Ingeniería		5,00%	271.421	11.883
Inspección de Obras		2,95%	160.139	7.011
	SUB - TOTAL	7,95%	431.560	18.894
DIA			11.420	500
	SUB - TOTAL		11.420	500
	TOTAL		5.871.404	257.058

COPIAPÓ - SOLUCIÓN FUTURA

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LODOS ACTIVADOS MEDIA CARGA					
Datos Generales	Localidad	Copiapo	Dmm	Población	166.922
	Caudal máximo horario	494	800	\$/hab	34.569
	Caudal max diario	336	710	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	72,2
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 5.841.031.960
Tratamiento Preliminar	Rejas				\$ 19.404.500
	Medidor de Caudal Afluente	Nº	1,0	\$ 5.163.021	\$ 5.163.021
	Desarenador -Desgrasador Rectangular	Nº	2,0	\$ 18.114.906	\$ 36.229.812
		Largo interior	8,6		
		Ancho interior	1,4		
Altura total interior		2,8			
Tratamiento secundario	Estanques de Aeración Concéntrico	Nº	2,0	\$ 606.917.131	\$ 1.213.834.262
		Diametro Exterior	63,0		
		Diametro Interior	32,4		
		Altura útil	5,5		
Desinfección	Cámara de contacto	Nº	2,0	\$ 106.829.826	\$ 213.659.652
	Medidor de Caudal Efluente	Nº	1,0	\$ 5.163.021	\$ 5.163.021
	Cámara Distribución Desinfección	Nº	2,0	\$ 1.272.908	\$ 2.545.816
		Ancho	1,0		
		Largo	1,0		
Altura		2,0			
Lodos	Planta elevadora de lodos (Clarificador-Espesador)				\$ 6.899.098
	Espesador Secundario circular	Nº	2,0	\$ 38.909.804	\$ 77.819.608
		Diámetro	12,0		
		Altura útil	4,0		
		Talud fondo h/v	12,5		
	Digestor Lodos circular	Nº	1,0	\$ 88.322.294	\$ 88.322.294
		Diámetro	17,0		
		Altura útil	6,0		
		Talud fondo h/v	12,8		
	Cancha de Acopio de Lodos	Nº	1,0	\$ 36.352.239	\$ 36.352.239
Largo interior		30,0			
Ancho interior		60,0			
Altura útil					
Planta elevadora de lodos (Espesador-Deshidratación)					\$ 2.259.660
By-Pass	Medidor de Caudal By-pass	Nº	1,0	\$ 5.163.021	\$ 5.163.021
EDIFICACIONES	Edificio de Administración y control	m2	50	\$ 327.902	\$ 16.395.120
	Sala de bombas	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala Generador	m2	24	\$ 131.161	\$ 3.147.863
	Bodega Productos Químicos	m2	20,0	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala de cloración	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala de Sopladores	m2	28	\$ 218.602	\$ 6.120.845
	Edificio de deshidratación de lodos	m2	50	\$ 218.602	\$ 10.930.080
URBANIZACION	Arborización	m2	5.250	\$ 2.000	\$ 10.500.000
	Cierros	m2	645	\$ 14.559	\$ 9.388.999
	Extensión de matriz de agua potable	ml	100	\$ 16.000	\$ 1.600.000
	Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 5.507.133	\$ 5.507.133
	Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado	Gl	1	\$ 16.463.000	\$ 16.463.000
	Vialidad	m2	2.000	\$ 5.000	\$ 10.000.000
Interconexiones Hidráulicas	Conductos en presión línea de aguas	Gl	1	\$ 224.833.874	\$ 224.833.874
Equipos	Tratamiento Preliminar	Gl			\$ 114.485.932
	Tratamiento Primario	Gl			\$ 2.078.838
	Tratamiento Secundario	Gl			\$ 486.304.900
	Desinfección	Gl			\$ 38.590.933
	Tratamiento de lodos	Gl			\$ 223.048.748
	Otros Equipos	Gl			\$ 77.399.559
Montaje de equipos			15%	Equipos	\$ 217.111.619
Obras Eléctricas					\$ 505.501.886
Puesta en Marcha			5,0%		\$ 185.004.750
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 3.885.099.740
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 1.515.188.899
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 270.014.432
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 159.308.515
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 11.420.375

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			Copiapo	
Población			166.922	
Dotación [l/hab/d]			178,6	
Caudal [l/s]			269,3	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
OOCC, Urbanización y Edificaciones		46,6%	1.810.739	79.277
Interconexiones Hidráulicas		5,8%	224.834	9.844
Suministro Equipos, Montaje y Puesta en Marcha		34,6%	1.344.025	58.843
Obras Eléctricas		13,0%	505.502	22.132
	SUB - TOTAL	100%	3.885.100	170.095
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	1.515.189	66.337
	SUB - TOTAL	39,00%	1.515.189	66.337
Ingeniería		5,00%	270.014	11.822
Inspección de Obras		2,95%	159.309	6.975
	SUB - TOTAL	7,95%	429.323	18.796
DIA			11.420	500
	SUB - TOTAL		11.420	500
	TOTAL		5.841.032	255.729

TIERRA AMARILLA - SOLUCIÓN BASE

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LODOS ACTIVADOS AERACION EXTENDIDA					
Datos Generales	Localidad	Tierra Amarilla	Dmm	Población	8.422
	Caudal máximo horario	45	355	\$/hab	127.116
	Caudal max diario	19	250	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	265,6
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 1.205.701.429
Tratamiento Preliminar	Rejas				\$ 9.065.115
	Medidor de Caudal Afluente	Nº	1,0	\$ 2.333.747	\$ 2.333.747
	Desarenador -Desgrasador Rectangular	Nº	1,0	\$ 13.586.956	\$ 13.586.956
		Largo interior	8,6		
		Ancho interior	1,4		
Altura total interior		1,5			
Tratamiento secundario	Estanques de Aeración Concéntrico	Nº	1,0	\$ 207.245.416	\$ 207.245.416
		Diametro Exterior	33,0		
		Diametro Interior	15,4		
		Altura útil	5,0		
		Cámara de contacto	Nº		
Desinfección	Medidor de Caudal Efluente	Nº	1,0	\$ 2.333.747	\$ 2.333.747
	Cámara Distribución Desinfección	Nº	2,0	\$ 1.272.908	\$ 2.545.816
		Ancho	1,0		
		Largo	1,0		
		Altura	2,0		
Lodos	Planta elevadora de lodos (Clarificador-Espesador)				\$ 1.432.562
	Espesador Secundario circular	Nº	1,0	\$ 10.785.571	\$ 10.785.571
		Diámetro	4,5		
		Altura útil	4,0		
		Talud fondo h/v	12,5		
Planta elevadora de lodos (Espesador-Deshidratación)				\$ 1.272.157	
By-Pass	Medidor de Caudal By-pass	Nº	1,0	\$ 2.333.747	\$ 2.333.747
EDIFICACIONES	Edificio de Administración y control	m2	40	\$ 327.902	\$ 13.116.096
	Sala de bombas	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala Generador	m2	24	\$ 131.161	\$ 3.147.863
	Bodega Productos Químicos	m2	10,0	\$ 131.161	\$ 1.311.610
	Sala de cloración	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala de Sopladores	m2	28	\$ 218.602	\$ 6.120.845
	Sala de Deshidratación				\$ 6.370.000
	URBANIZACION	Cierros	m2	397	\$ 14.559
Extensión de matriz de agua potable		ml	100	\$ 16.000	\$ 1.600.000
Instrumental Laboratorio		Gl	1	\$ 2.344.375	\$ 2.344.375
Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado		Gl	1	\$ 14.289.000	\$ 14.289.000
Vialidad		m2	1.000	\$ 5.000	\$ 5.000.000
Interconexiones Hidráulicas	Conductos en presión línea de aguas	Gl	1	\$ 28.562.104	\$ 28.562.104
Equipos	Tratamiento Preliminar	Gl			\$ 39.203.241
	Tratamiento Primario	Gl			\$ 2.078.838
	Tratamiento Secundario	Gl			\$ 104.108.490
	Desinfección	Gl			\$ 27.000.733
	Tratamiento de lodos	Gl			\$ 19.371.607
	Otros Equipos	Gl			\$ 12.537.225
Montaje de equipos			Equipos	\$ 41.928.525	
Obras Eléctricas				\$ 75.996.004	
Puesta en Marcha				\$ 34.025.951	
Sistema de Deshidratación				\$ 78.780.000	
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 795.919.410
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 310.408.570
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 55.316.399
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 32.636.675
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 11.420.375

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			Tierra Amarilla	
Población			8.422	
Dotación [l/hab/d]			191,7	
Caudal [l/s]			14,9	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
OCC, Urbanización y Edificaciones		41,8%	332.327	14.550
Interconexiones Hidráulicas		3,6%	28.562	1.250
Suministro Equipos, Montaje y Puesta en Marcha		45,1%	358.807	15.709
Obras Eléctricas		9,6%	76.223	3.337
	SUB - TOTAL	100%	795.919	34.846
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	310.409	13.590
	SUB - TOTAL	39,00%	310.409	13.590
Ingeniería		5,00%	55.316	2.422
Inspección de Obras		2,95%	32.637	1.429
	SUB - TOTAL	7,95%	87.953	3.851
DIA			11.420	500
	SUB - TOTAL		11.420	500
	TOTAL		1.205.701	52.787

TIERRA AMARILLA - SOLUCIÓN FUTURA

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LODOS ACTIVADOS AERACION EXTENDIDA					
Datos Generales	Localidad	Tierra Amarilla	Dmm	Población	8.422
	Caudal máximo horario	45	355	\$/hab	126.513
	Caudal max diario	19	250	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	264,3
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 1.200.567.012
Tratamiento Preliminar	Rejas				\$ 9.065.115
	Medidor de Caudal Afluente	Nº	1,0	\$ 2.333.747	\$ 2.333.747
	Desarenador -Desgrasador Rectangular	Nº	1,0	\$ 13.586.956	\$ 13.586.956
		Largo interior	8,6		
		Ancho interior	1,4		
Altura total interior		1,5			
Tratamiento secundario	Estanques de Aeración Concéntrico	Nº	1,0	\$ 207.245.416	\$ 207.245.416
		Diametro Exterior	33,0		
		Diametro Interior	15,4		
		Altura útil	5,0		
Desinfección	Cámara de contacto	Nº	1,0	\$ 15.058.823	\$ 15.058.823
	Medidor de Caudal Efluente	Nº	1,0	\$ 2.333.747	\$ 2.333.747
	Cámara Distribución Desinfección	Nº	2,0	\$ 1.272.908	\$ 2.545.816
		Ancho	1,0		
		Largo	1,0		
Altura		2,0			
Lodos	Planta elevadora de lodos (Clarificador-Espesador)				\$ 1.432.562
	Espesador Secundario circular	Nº	1,0	\$ 10.785.571	\$ 10.785.571
		Diámetro	4,5		
		Altura útil	4,0		
		Talud fondo h/v	12,5		
Planta elevadora de lodos (Espesador-Deshidratación)				\$ 1.272.157	
By-Pass	Medidor de Caudal By-pass	Nº	1,0	\$ 2.333.747	\$ 2.333.747
	Edificio de Administración y control	m2	40	\$ 327.902	\$ 13.116.096
EDIFICACIONES		m2			\$ -
	Sala de bombas	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala Generador	m2	24	\$ 131.161	\$ 3.147.863
	Bodega Productos Químicos	m2	10,0	\$ 131.161	\$ 1.311.610
	Sala de cloración	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala de Sopladores	m2	28	\$ 218.602	\$ 6.120.845
	Sala de Deshidratación				\$ 6.370.000
URBANIZACION	Cierros	m2	336	\$ 14.559	\$ 4.889.958
	Extensión de matriz de agua potable	ml	100	\$ 16.000	\$ 1.600.000
	Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 2.344.375	\$ 2.344.375
	Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado	Gl	1	\$ 11.927.000	\$ 11.927.000
	Vialidad	m2	1.000	\$ 5.000	\$ 5.000.000
Interconexiones Hidráulicas	Conductos en presión línea de aguas	Gl	1	\$ 28.562.104	\$ 28.562.104
	Tratamiento Preliminar	Gl			\$ 39.203.241
Equipos	Tratamiento Primario	Gl			\$ 2.078.838
	Tratamiento Secundario	Gl			\$ 104.108.490
	Desinfección	Gl			\$ 27.000.733
	Tratamiento de lodos	Gl			\$ 19.371.607
	Otros Equipos	Gl			\$ 12.537.225
	Montaje de equipos			Equipos	\$ 41.928.525
Obras Eléctricas				\$ 75.996.004	
Puesta en Marcha				\$ 33.863.008	
Sistema de Deshidratación				\$ 78.780.000	
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 792.497.617
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 309.074.071
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 55.078.584
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 32.496.365
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 11.420.375

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			Tierra Amarilla	
Población			8.422	
Dotación [l/hab/d]			191,7	
Caudal [l/s]			14,9	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
OOCC, Urbanización y Edificaciones		41,5%	329.068	14.407
Interconexiones Hidráulicas		3,6%	28.562	1.250
Suministro Equipos, Montaje y Puesta en Marcha		45,3%	358.644	15.702
Obras Eléctricas		9,6%	76.223	3.337
	SUB - TOTAL	100%	792.498	34.697
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	309.074	13.532
	SUB - TOTAL	39,00%	309.074	13.532
Ingeniería		5,00%	55.079	2.411
Inspección de Obras		2,95%	32.496	1.423
	SUB - TOTAL	7,95%	87.575	3.834
DÍA			11.420	500
	SUB - TOTAL		11.420	500
	TOTAL		1.200.567	52.563

DIEGO DE ALMAGRO - SOLUCIÓN BASE

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LODOS ACTIVADOS AERACION EXTENDIDA					
Datos Generales	Localidad	Diego de Almagro	Dmm	Población	6.745
	Caudal máximo horario	31	315	\$/hab	135.765
	Caudal max diario	13	225	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	283,7
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 1.050.017.445
Tratamiento Preliminar	Rejas				\$ 8.418.475
	Medidor de Caudal Afluyente	Nº	1,0	\$ 2.274.544	\$ 2.274.544
	Desarenador -Desgrasador Rectangular	Nº	1,0	\$ 11.237.565	\$ 11.237.565
		Largo interior	7,2		
		Ancho interior	1,2		
Altura total interior		1,5			
Tratamiento secundario	Estanques de Aeración Concéntrico	Nº	1,0	\$ 164.084.013	\$ 164.084.013
		Diametro Exterior	27,0		
		Diametro Interior	13,4		
		Altura útil	5,0		
		Cámara de contacto	Nº		
Desinfección	Medidor de Caudal Efluente	Nº	1,0	\$ 2.274.544	\$ 2.274.544
	Cámara Distribución Desinfección	Nº	2,0	\$ 1.272.908	\$ 2.545.816
		Ancho	1,0		
		Largo	1,0		
		Altura	2,0		
Lodos	Planta elevadora de lodos (Clarificador-Espesador)				\$ 1.321.011
	Espesador Secundario circular	Nº	1,0	\$ 8.145.369	\$ 8.145.369
		Diámetro	3,5		
		Altura útil	4,0		
		Talud fondo h/v	12,5		
Planta elevadora de lodos (Espesador-Deshidratación)				\$ 1.197.573	
By-Pass	Medidor de Caudal By-pass	Nº	1,0	\$ 2.274.544	\$ 2.274.544
	Edificio de Administración y control	m2	30	\$ 327.902	\$ 9.837.072
EDIFICACIONES	Sala de bombas	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala Generador	m2	24	\$ 131.161	\$ 3.147.863
	Bodega Productos Químicos	m2	20,0	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala de cloración	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala de Sopladores	m2	28	\$ 218.602	\$ 6.120.845
	Sala de Deshidratación				\$ 6.370.000
	Cierros	m2	346	\$ 14.559	\$ 5.043.774
URBANIZACION	Extensión de matriz de agua potable	ml	100	\$ 16.000	\$ 1.600.000
	Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 2.344.375	\$ 2.344.375
	Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado	Gl	1	\$ 12.626.000	\$ 12.626.000
	Vialidad	m2	1.000	\$ 5.000	\$ 5.000.000
Interconexiones Hidráulicas	Conductos en presión línea de aguas	Gl	1	\$ 20.018.446	\$ 20.018.446
	Tratamiento Preliminar	Gl			\$ 26.950.987
Equipos	Tratamiento Primario	Gl			\$ 2.078.838
	Tratamiento Secundario	Gl			\$ 84.897.245
	Desinfección	Gl			\$ 26.507.533
	Tratamiento de lodos	Gl			\$ 16.783.521
	Otros Equipos	Gl			\$ 9.943.089
Montaje de equipos			Equipos	\$ 37.615.014	
Obras Eléctricas				\$ 84.411.511	
Puesta en Marcha				\$ 29.051.890	
Sistema Deshidratación				\$ 78.780.000	
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 692.165.018
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 269.944.357
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 48.105.469
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 28.382.227
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 11.420.375

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			Diego de Almagro	
Población			6.745	
Dotación [l/hab/d]			161,5	
Caudal [l/s]			10,1	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
OOCC, Urbanización y Edificaciones		39,7%	275.127	12.045
Interconexiones Hidráulicas		2,9%	20.018	876
Suministro Equipos, Montaje y Puesta en Marcha		45,1%	312.414	13.678
Obras Eléctricas		12,2%	84.606	3.704
	SUB - TOTAL	100%	692.165	30.304
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	269.944	11.819
	SUB - TOTAL	39,00%	269.944	11.819
Ingeniería		5,00%	48.105	2.106
Inspección de Obras		2,95%	28.382	1.243
	SUB - TOTAL	7,95%	76.488	3.349
DÍA			11.420	500
	SUB - TOTAL		11.420	500
	TOTAL		1.050.017	45.971

DIEGO DE ALMAGRO - SOLUCIÓN FUTURA

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LODOS ACTIVADOS AERACION EXTENDIDA					
Datos Generales	Localidad	Diego de Almagro	Dmm	Población	6.745
	Caudal máximo horario	31	315	\$/hab	135.209
	Caudal max diario	13	225	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	282,5
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 1.046.220.999
Tratamiento Preliminar	Rejas				\$ 8.418.475
	Medidor de Caudal Afluente	Nº	1,0	\$ 2.274.544	\$ 2.274.544
	Desarenador -Desgrasador Rectangular	Nº	1,0	\$ 11.237.565	\$ 11.237.565
		Largo interior	7,2		
		Ancho interior	1,2		
Altura total interior		1,5			
Tratamiento secundario	Estanques de Aeración Concéntrico	Nº	1,0	\$ 164.084.013	\$ 164.084.013
		Diametro Exterior	27,0		
		Diametro Interior	13,4		
		Altura útil	5,0		
Desinfección	Cámara de contacto	Nº	1,0	\$ 11.393.905	\$ 11.393.905
	Medidor de Caudal Efluente	Nº	1,0	\$ 2.274.544	\$ 2.274.544
	Cámara Distribución Desinfección	Nº	2,0	\$ 1.272.908	\$ 2.545.816
		Ancho	1,0		
		Largo	1,0		
Altura		2,0			
Lodos	Planta elevadora de lodos (Clarificador-Espesador)				\$ 1.321.011
	Espesador Secundario circular	Nº	1,0	\$ 8.145.369	\$ 8.145.369
		Diámetro	3,5		
		Altura útil	4,0		
		Talud fondo h/v	12,5		
Planta elevadora de lodos (Espesador-Deshidratación)				\$ 1.197.573	
By-Pass	Medidor de Caudal By-pass	Nº	1,0	\$ 2.274.544	\$ 2.274.544
EDIFICACIONES	Edificio de Administración y control	m2	30	\$ 327.902	\$ 9.837.072
	Sala de bombas	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala Generador	m2	24	\$ 131.161	\$ 3.147.863
	Bodega Productos Químicos	m2	20,0	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala de cloración	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala de Sopladores	m2	28	\$ 218.602	\$ 6.120.845
	Sala de Deshidratación				\$ 6.370.000
					\$ 4.417.143
URBANIZACION	Cierros	m2	303	\$ 14.559	\$ 4.417.143
	Extensión de matriz de agua potable	ml	100	\$ 16.000	\$ 1.600.000
	Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 2.344.375	\$ 2.344.375
	Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado	Gl	1	\$ 10.843.000	\$ 10.843.000
	Vialidad	m2	1.000	\$ 5.000	\$ 5.000.000
Interconexiones Hidráulicas	Conductos en presión línea de aguas	Gl	1	\$ 20.018.446	\$ 20.018.446
Equipos	Tratamiento Preliminar	Gl			\$ 26.950.987
	Tratamiento Primario	Gl			\$ 2.078.838
	Tratamiento Secundario	Gl			\$ 84.897.245
	Desinfección	Gl			\$ 26.507.533
	Tratamiento de lodos	Gl			\$ 16.783.521
	Otros Equipos	Gl			\$ 9.943.089
Montaje de equipos			Equipos		\$ 37.615.014
Obras Eléctricas					\$ 84.411.511
Puesta en Marcha					\$ 28.931.408
Sistema de Deshidratación					\$ 78.780.000
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 689.634.905
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 268.957.613
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 47.929.626
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 28.278.479
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 11.420.375

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			Diego de Almagro	
Población			6.745	
Dotación [l/hab/d]			161,5	
Caudal [l/s]			10,1	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
OOC, Urbanización y Edificaciones		39,5%	272.717	11.940
Interconexiones Hidráulicas		2,9%	20.018	876
Suministro Equipos, Montaje y Puesta en Marcha		45,3%	312.294	13.673
Obras Eléctricas		12,3%	84.606	3.704
	SUB - TOTAL	100%	689.635	30.193
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	268.958	11.775
	SUB - TOTAL	39,00%	268.958	11.775
Ingeniería		5,00%	47.930	2.098
Inspección de Obras		2,95%	28.278	1.238
	SUB - TOTAL	7,95%	76.208	3.336
DIA			11.420	500
	SUB - TOTAL		11.420	500
	TOTAL		1.046.221	45.805

FREIRINA - SOLUCIÓN BASE

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LODOS ACTIVADOS AERACION EXTENDIDA					
Datos Generales	Localidad	Freirina	Dmm	Población	3.662
	Caudal máximo horario	16	225	\$/hab	188.104
	Caudal max diario	6	200	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	393,0
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 820.962.839
Tratamiento Preliminar	Rejas				\$ 7.777.576
	Medidor de Caudal Afluente	Nº	1,0	\$ 2.191.815	\$ 2.191.815
	Desarenador -Desgrasador Rectangular	Nº	1,0	\$ 7.880.822	\$ 7.880.822
		Largo interior	5,0		
		Ancho interior	0,8		
Altura total interior		1,5			
Tratamiento secundario	Estanques de Aeración Concéntrico	Nº	1,0	\$ 118.146.583	\$ 118.146.583
		Diametro Exterior	21,0		
		Diametro Interior	9,4		
		Altura útil	5,0		
		Cámara de contacto	Nº		
Desinfección	Medidor de Caudal Efluente	Nº	1,0	\$ 2.191.815	\$ 2.191.815
	Cámara Distribución Desinfección	Nº	1,0	\$ 1.272.908	\$ 1.272.908
		Ancho	1,0		
		Largo	1,0		
		Altura	2,0		
Lodos	Planta elevadora de lodos (Clarificador-Espesador)				\$ 1.188.134
	Espesador Secundario circular	Nº	1,0	\$ 6.917.644	\$ 6.917.644
		Diámetro	3,0		
		Altura útil	4,0		
		Talud fondo h/v	12,5		
Planta elevadora de lodos (Espesador-Deshidratación)				\$ 1.128.313	
By-Pass	Medidor de Caudal By-pass	Nº	1,0	\$ 2.191.815	\$ 2.191.815
	Edificio de Administración y control	m2	30	\$ 327.902	\$ 9.837.072
EDIFICACIONES	Sala de bombas	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala Generador	m2	24	\$ 131.161	\$ 3.147.863
	Bodega Productos Químicos	m2	10,0	\$ 131.161	\$ 1.311.610
	Sala de cloración	m2	10	\$ 131.161	\$ 1.311.610
	Sala de Sopladores	m2	20	\$ 218.602	\$ 4.372.032
	Sala de Deshidratación				\$ 6.370.000
	URBANIZACION	Cierros	m2	308	\$ 14.559
Extensión de matriz de agua potable		ml	100	\$ 16.000	\$ 1.600.000
Instrumental Laboratorio		Gl	1	\$ 2.344.375	\$ 2.344.375
Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado		Gl	1	\$ 11.118.000	\$ 11.118.000
Vialidad		m2	1.000	\$ 5.000	\$ 5.000.000
Interconexiones Hidráulicas	Conductos en presión línea de aguas	Gl	1	\$ 15.907.745	\$ 15.907.745
	Tratamiento Preliminar	Gl			\$ 24.662.032
Equipos	Tratamiento Primario	Gl			\$ 2.078.838
	Tratamiento Secundario	Gl			\$ 65.260.078
	Desinfección	Gl			\$ 3.193.064
	Tratamiento de lodos	Gl			\$ 15.138.003
	Otros Equipos	Gl			\$ 6.776.162
	Montaje de equipos			Equipos	\$ 27.396.770
Obras Eléctricas				\$ 66.361.685	
Puesta en Marcha				\$ 21.764.045	
Sistema de Deshidratación				\$ 78.780.000	
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 539.513.340
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 210.410.202
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 37.496.177
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 22.122.744
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 11.420.375

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			Freirina	
Población			3.662	
Dotación [l/hab/d]			136,6	
Caudal [l/s]			4,6	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
OOCC, Urbanización y Edificaciones		39,3%	212.195	9.290
Interconexiones Hidráulicas		2,9%	15.908	696
Suministro Equipos, Montaje y Puesta en Marcha		45,4%	244.874	10.721
Obras Eléctricas		12,3%	66.537	2.913
	SUB - TOTAL	100%	539.513	23.621
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	210.410	9.212
	SUB - TOTAL	39,00%	210.410	9.212
Ingeniería		5,00%	37.496	1.642
Inspección de Obras		2,95%	22.123	969
	SUB - TOTAL	7,95%	59.619	2.610
DÍA			11.420	500
	SUB - TOTAL		11.420	500
	TOTAL		820.963	35.943

FREIRINA - SOLUCIÓN FUTURA

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LODOS ACTIVADOS AERACION EXTENDIDA					
Datos Generales	Localidad	Freirina	Dmm	Población	3.662
	Caudal máximo horario	16	225	\$/hab	187.444
	Caudal max diario	6	200	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	391,7
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 818.516.390
Tratamiento Preliminar	Rejas				\$ 7.777.576
	Medidor de Caudal Afluente	Nº	1,0	\$ 2.191.815	\$ 2.191.815
	Desarenador -Desgrasador Rectangular	Nº	1,0	\$ 7.880.822	\$ 7.880.822
		Largo interior	5,0		
		Ancho interior	0,8		
Altura total interior		1,5			
Tratamiento secundario	Estanques de Aeración Concéntrico	Nº	1,0	\$ 118.146.583	\$ 118.146.583
		Diametro Exterior	21,0		
		Diametro Interior	9,4		
		Altura útil	5,0		
		Cámara de contacto	Nº		
Desinfección	Medidor de Caudal Efluente	Nº	1,0	\$ 2.191.815	\$ 2.191.815
	Cámara Distribución Desinfección	Nº	1,0	\$ 1.272.908	\$ 1.272.908
		Ancho	1,0		
		Largo	1,0		
		Altura	2,0		
Lodos	Planta elevadora de lodos (Clarificador-Espesador)				\$ 1.188.134
	Espesador Secundario circular	Nº	1,0	\$ 6.917.644	\$ 6.917.644
		Diámetro	3,0		
		Altura útil	4,0		
		Talud fondo h/v	12,5		
Planta elevadora de lodos (Espesador-Deshidratación)				\$ 1.128.313	
By-Pass	Medidor de Caudal By-pass	Nº	1,0	\$ 2.191.815	\$ 2.191.815
	Edificio de Administración y control	m2	30	\$ 327.902	\$ 9.837.072
EDIFICACIONES	Sala de bombas	m2	20	\$ 131.161	\$ 2.623.219
	Sala Generador	m2	24	\$ 131.161	\$ 3.147.863
	Bodega Productos Químicos	m2	10,0	\$ 131.161	\$ 1.311.610
	Sala de cloración	m2	10	\$ 131.161	\$ 1.311.610
	Sala de Sopladores	m2	20	\$ 218.602	\$ 4.372.032
	Sala de Deshidratación				\$ 6.370.000
	Cierros	m2	278	\$ 14.559	\$ 4.042.847
URBANIZACION	Extensión de matriz de agua potable	ml	100	\$ 16.000	\$ 1.600.000
	Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 2.344.375	\$ 2.344.375
	Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado	Gl	1	\$ 10.002.000	\$ 10.002.000
	Vialidad	m2	1.000	\$ 5.000	\$ 5.000.000
Interconexiones Hidráulicas	Conductos en presión línea de aguas	Gl	1	\$ 15.907.745	\$ 15.907.745
	Tratamiento Preliminar	Gl			\$ 24.662.032
Equipos	Tratamiento Primario	Gl			\$ 2.078.838
	Tratamiento Secundario	Gl			\$ 65.260.078
	Desinfección	Gl			\$ 3.193.064
	Tratamiento de lodos	Gl			\$ 15.138.003
	Otros Equipos	Gl			\$ 6.776.162
	Montaje de equipos			Equipos	\$ 27.396.770
Obras Eléctricas				\$ 66.361.685	
Puesta en Marcha				\$ 21.686.406	
Sistema de Deshidratación				\$ 78.780.000	
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 537.882.923
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 209.774.340
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 37.382.863
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 22.055.889
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 11.420.375

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			Freirina	
Población			3.662	
Dotación [l/hab/d]			136,6	
Caudal [l/s]			4,6	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
OOCC, Urbanización y Edificaciones		39,2%	210.642	9.222
Interconexiones Hidráulicas		3,0%	15.908	696
Suministro Equipos, Montaje y Puesta en Marcha		45,5%	244.796	10.718
Obras Eléctricas		12,4%	66.537	2.913
	SUB - TOTAL	100%	537.883	23.549
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	209.774	9.184
	SUB - TOTAL	39,00%	209.774	9.184
Ingeniería		5,00%	37.383	1.637
Inspección de Obras		2,95%	22.056	966
	SUB - TOTAL	7,95%	59.439	2.602
DIA			11.420	500
	SUB - TOTAL		11.420	500
	TOTAL		818.516	35.836

VALLENAR – SOLUCIÓN BASE

PRESUPUESTO PTAS L.A.M.C. Y DECANTACION DE 2 TRENES		Vallenar	44.893	
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	PRECIO TOTAL
TOTAL GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO				\$1.588.330.971
Urbanización del recinto				\$ 41.736.834
Cierro perimetral metálico transparente	m	852	\$ 14.559	\$ 12.402.521
Cierro albañilería reforzada en sector acceso	m	10	\$ 32.885	\$ 328.850
Puerta metálica	N°	1	\$ 217.416	\$ 217.416
Portón metálico acceso vehicular	N°	1	\$ 644.038	\$ 644.038
Agua Potable				
Suministro cañería PVC C10 D=110mm	Kg	432	\$ 2.073	\$ 896.488
Transporte de cañerías a faena	Kg	432	\$ 12	\$ 5.190
Transporte interno, colocación y prueba de cañerías	m	160	\$ 2.219	\$ 355.417
Grifo completo	N°	2	\$ 592.805	\$ 1.185.610
Válvula en cámara	N°	2	\$ 707.257	\$ 1.414.514
Arranques domiciliarios D=1"	N°	1	\$ 114.038	\$ 114.038
Alcantarillado	Gl	1	\$ 4.561.508	\$ 4.561.508
Carpeta rodado acceso y estacionamiento	m2	900	\$ 5.854	\$ 5.268.600
Pavimento sobre muros	m2	893	\$ 5.854	\$ 5.226.451
Soleras acceso y estacionamiento	m	800	\$ 7.815	\$ 6.252.547
Pastelones acceso peatonal	m2	160	\$ 3.242	\$ 519.271
Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 2.344.375	\$ 2.344.375
Obras de Edificación				\$ 37.686.916
Edificación de fuerza y control	m2	60	\$ 327.902	\$ 19.674.144
Bodega	m2	20	\$ 218.602	\$ 4.372.032
Sala de cloración	m2	22	\$ 218.602	\$ 4.896.676
Edificio Deshidratación	m2	40	\$ 218.602	\$ 8.744.064
Formación de Lagunas				\$ 214.919.816
Escarpe y Retiro Excedentes	m3	7.463	\$ 8.392	\$ 62.628.804
Exc. corte y transporte a botadero terreno semiduro	m3	2.102	\$ 12.586	\$ 26.455.772
Excavación y relleno compensado terreno semiduro	m3	9.392	\$ 6.558	\$ 61.592.736
Impermeabilización PECC Lagunas	m2	20.164	\$ 3.186	\$ 64.242.504
Obras de Conducción (Por defecto HDPE)				\$ 53.991.392
Cañería de alimentación, D=560 mm	m	45	\$ 108.690	\$ 4.838.879
Cañería de interconexión, D=560 mm	m	9	\$ 108.690	\$ 978.210
Cañería de salida, D=560 mm	m	203	\$ 108.690	\$ 22.091.243
Cañería de by-pass, D=560 mm	m	160	\$ 108.690	\$ 17.408.877
Cañería colectora lodos D=200 mm	m	107	\$ 21.133	\$ 2.263.556
Cámaras de inspección Hm=2,24 m, Dcanaleta=560 mm	N°	7	\$ 629.480	\$ 4.406.360
Cámara interconexión	Gl	2	\$ 872.000	\$ 1.744.000
Cañerías acero lodos a lechos D=110mm	Kg	195	\$ 1.300	\$ 253.500
Protección cañerías acero con bitumen epóxico	m2	4	\$ 1.735	\$ 6.767
Obras Complementarias (Precio en Planillas Separadas)				\$ 93.184.372
Cámara de rejillas	N°	1	\$ 7.063.189	\$ 7.063.189
Desarenador-Desgrasador	N°	1	\$ 7.961.916	\$ 7.961.916
Espesador de Lodos	N°	1	\$ 16.365.807	\$ 16.365.807
Lecho de secado	N°	1	\$ 1.700.351	\$ 1.700.351
Cancha de Acopio	N°	1	\$ 4.912.584	\$ 4.912.584
Desinfección	N°	1	\$ 49.281.445	\$ 49.281.445
Macromedidores (Afluente, By-Pass y Efluente)		3	\$ 1.966.360	\$ 5.899.080

Equipos					\$ 322.921.241
Tratamiento preliminar	Nº	1	\$ 83.376.995	\$ 83.376.995	
Tratamiento secundario	Nº	1	\$ 84.922.965	\$ 84.922.965	
Desinfección	Nº	1	\$ 33.330.133	\$ 33.330.133	
Tratamiento de lodos	Nº	1	\$ 101.597.254	\$ 101.597.254	
Otros Equipos	Nº	1	\$ 12.129.094	\$ 12.129.094	
Válvulas interconexión, D=560 mm	Kg	1.600	\$ 4.728	\$ 7.564.800	
Instalaciones Eléctricas	Gl	1		\$ 163.475.963	\$ 163.475.963
Montaje de equipos		15%			\$ 72.959.581
Puesta en Operación	Gl	5%		\$ 50.043.806	\$ 50.043.806
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 1.050.919.921
Gastos Generales y Utilidad		39,00%	Costos Directos	\$ 409.858.769	\$ 409.858.769
Ingeniería y Administración Local		5,00%		\$ 73.038.935	\$ 73.038.935
Inspección de Obras		2,95%		\$ 43.092.971	\$ 43.092.971
DIA				\$ 11.420.375	\$ 11.420.375

DATOS GENERALES			
Localidad		Vallenar	
Población servida		45.292	
Dotación [l/hab/d]		132,8	
Caudal medio [l/s]		69,6	
RESUMEN DE COSTOS	(%)	(M\$)	(UF)
Obras Civiles,Urbanización y Edificaciones	36,9%	387.528	16.967
Interconexiones Hidráulicas	5,1%	53.991	2.364
Suministro Equipos, Montaje y Puesta en Marcha	42,4%	445.925	19.523
Obras Eléctricas	15,6%	163.476	7.157
SUB TOTAL	100,0%	1.050.920	46.011
Gastos Generales y Utilidad	39,00%	409.859	17.944
SUB TOTAL	39,00%	409.859	17.944
Ingeniería y Administración	5,00%	73.039	3.198
Inspección de Obras	2,95%	43.093	1.887
SUB TOTAL	7,95%	116.132	5.084
DIA		11.420	500
SUB TOTAL		11.420	500
TOTAL		1.588.331	69.539

VALLENAR - SOLUCIÓN FUTURA

PRESUPUESTO PTAS L.A.M.C. Y DECANTACION DE 2 TRENES		Vallenar	44.893	
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	PRECIO TOTAL
TOTAL GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO				\$1.583.663.663
Urbanización del recinto				\$ 40.561.489
Cierro perimetral metálico transparente	m	809	\$ 14.559	\$ 11.782.308
Cierro albañilería reforzada en sector acceso	m	10	\$ 32.885	\$ 328.850
Puerta metálica	N°	1	\$ 217.416	\$ 217.416
Portón metálico acceso vehicular	N°	1	\$ 644.038	\$ 644.038
Agua Potable				
Suministro cañería PVC C10 D=110mm	Kg	404	\$ 2.073	\$ 836.878
Transporte de cañerías a faena	Kg	404	\$ 12	\$ 4.844
Transporte interno, colocación y prueba de cañerías	m	150	\$ 2.219	\$ 331.785
Grifo completo	N°	2	\$ 592.805	\$ 1.185.610
Válvula en cámara	N°	2	\$ 707.257	\$ 1.414.514
Arranques domiciliarios D=1"	N°	1	\$ 114.038	\$ 114.038
Alcantarillado	Gl	1	\$ 4.561.508	\$ 4.561.508
Carpeta rodado acceso y estacionamiento	m2	868	\$ 5.854	\$ 5.081.272
Pavimento sobre muros	m2	893	\$ 5.854	\$ 5.226.451
Soleras acceso y estacionamiento	m	768	\$ 7.815	\$ 6.002.858
Pastelones acceso peatonal	m2	150	\$ 3.242	\$ 484.744
Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 2.344.375	\$ 2.344.375
Obras de Edificación				\$ 37.686.916
Edificación de fuerza y control	m2	60	\$ 327.902	\$ 19.674.144
Bodega	m2	20	\$ 218.602	\$ 4.372.032
Sala de cloración	m2	22	\$ 218.602	\$ 4.896.676
Edificio Deshidratación	m2	40	\$ 218.602	\$ 8.744.064
Formación de Lagunas				\$ 214.919.816
Escarpe y Retiro Excedentes	m3	7.463	\$ 8.392	\$ 62.628.804
Exc. corte y transporte a botadero terreno semiduro	m3	2.102	\$ 12.586	\$ 26.455.772
Excavación y relleno compensado terreno semiduro	m3	9.392	\$ 6.558	\$ 61.592.736
Impermeabilización PECC Lagunas	m2	20.164	\$ 3.186	\$ 64.242.504
Obras de Conducción (Por defecto HDPE)				\$ 52.204.364
Cañería de alimentación, D=560 mm	m	45	\$ 108.690	\$ 4.838.879
Cañería de interconexión, D=560 mm	m	9	\$ 108.690	\$ 978.210
Cañería de salida, D=560 mm	m	203	\$ 108.690	\$ 22.091.243
Cañería de by-pass, D=560 mm	m	150	\$ 108.690	\$ 16.251.329
Cañería colectora lodos D=200 mm	m	107	\$ 21.133	\$ 2.263.556
Cámaras de inspección Hm=2,19 m, Dcanaleta=560 mm	N°	6	\$ 629.480	\$ 3.776.880
Cámara interconexión	Gl	2	\$ 872.000	\$ 1.744.000
Cañerías acero lodos a lechos D=110mm	Kg	195	\$ 1.300	\$ 253.500
Protección cañerías acero con bitumen epóxico	m2	4	\$ 1.735	\$ 6.767
Obras Complementarias (Precio en Planillas Separadas)				\$ 93.184.372
Cámara de rejillas	N°	1	\$ 7.063.189	\$ 7.063.189
Desarenador-Desgrasador	N°	1	\$ 7.961.916	\$ 7.961.916
Espesador de Lodos	N°	1	\$ 16.365.807	\$ 16.365.807
Lecho de secado	N°	1	\$ 1.700.351	\$ 1.700.351
Cancha de Acopio	N°	1	\$ 4.912.584	\$ 4.912.584
Desinfección	N°	1	\$ 49.281.445	\$ 49.281.445
Macromedidores (Afluente, By-Pass y Efluente)		3	\$ 1.966.360	\$ 5.899.080

Equipos					\$ 322.921.241
Tratamiento preliminar	Nº	1	\$ 83.376.995	\$ 83.376.995	
Tratamiento secundario	Nº	1	\$ 84.922.965	\$ 84.922.965	
Desinfección	Nº	1	\$ 33.330.133	\$ 33.330.133	
Tratamiento de lodos	Nº	1	\$ 101.597.254	\$ 101.597.254	
Otros Equipos	Nº	1	\$ 12.129.094	\$ 12.129.094	
Válvulas interconexión, D=560 mm	Kg	1.600	\$ 4.728	\$ 7.564.800	
Instalaciones Eléctricas	Gl	1		\$ 163.475.963	\$ 163.475.963
Montaje de equipos		15%			\$ 72.959.581
Puesta en Operación	Gl	5%		\$ 49.895.687	\$ 49.895.687
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 1.047.809.429
Gastos Generales y Utilidad		39,00%	Costos Directos	\$ 408.645.677	\$ 408.645.677
Ingeniería y Administración Local		5,00%		\$ 72.822.755	\$ 72.822.755
Inspección de Obras		2,95%		\$ 42.965.426	\$ 42.965.426
DIA				\$ 11.420.375	\$ 11.420.375

DATOS GENERALES			
Localidad		Vallenar	
Población servida		45.292	
Dotación [l/hab/d]		132,8	
Caudal medio [l/s]		69,6	
RESUMEN DE COSTOS	(%)	(M\$)	(UF)
Obras Civiles,Urbanización y Edificaciones	36,9%	386.353	16.915
Interconexiones Hidráulicas	5,0%	52.204	2.286
Suministro Equipos, Montaje y Puesta en Marcha	42,5%	445.777	19.517
Obras Eléctricas	15,6%	163.476	7.157
SUB TOTAL	100,0%	1.047.809	45.875
Gastos Generales y Utilidad	39,00%	408.646	17.891
SUB TOTAL	39,00%	408.646	17.891
Ingeniería y Administración	5,00%	72.823	3.188
Inspección de Obras	2,95%	42.965	1.881
SUB TOTAL	7,95%	115.788	5.069
DIA		11.420	500
SUB TOTAL		11.420	500
TOTAL		1.583.664	69.335



CALDERA – SOLUCIÓN BASE

CALDERA - SOLUCIÓN FUTURA

Costo de Inversión definido a partir de lo señalado en la Comisión de Expertos conforme se detalla en resumen más adelante.

EL SALADO – SOLUCIÓN BASE

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LOMBRIFILTRO					
Datos Generales	Localidad	El Salado	Dmm	Población	907
	Caudal máximo horario	12	200	\$/hab	204.097
	Caudal max diario	4	200	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	426,4
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 187.301.175
Tratamiento Biológico	Lombrifiltro	Nº	1,0	\$ 91.191.900	\$ 91.191.900
Macromedidores	Afluente, By-pass y Efluente	Nº	3,0	\$ 998.888	\$ 2.996.664
EDIFICACIONES	Edificio de Administración y control	m2	15	\$ 327.902	\$ 4.918.536
	Bodega Productos Químicos	m2	9	\$ 218.602	\$ 1.967.414
	Sala de cloración	m2	9	\$ 218.602	\$ 1.967.414
URBANIZACION	Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 1.144.778	\$ 1.144.778
	Malla Rachel	m2	889		\$ 444.422
	Cierros	m2	226	\$ 14.559	\$ 3.286.214
	Extensión de matriz de agua potable	ml	50	\$ 16.318	\$ 815.900
	Soporte Malla Rachel	Gl	1		\$ 250.000
	Empalme y Suministro Transformador	Gl	1	\$ 3.038.200	\$ 3.038.200
	Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado	Gl	1	\$ 3.735.000	\$ 3.735.000
Puesta en Marcha	Vialidad	m2	243	\$ 5.000	\$ 1.217.130
			5,0%		\$ 5.848.679
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 122.822.251
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 47.900.678
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 8.536.146
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 5.036.326
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 3.005.843

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			El Salado	
Población			907	
Dotación [l/hab/d]			326,5	
Caudal [l/s]			3,1	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
Costo Directo Lombrifiltro		100,0%	122.822	5.377
	SUB - TOTAL	100%	122.822	5.377
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	47.901	2.097
	SUB - TOTAL	39,00%	47.901	2.097
Ingeniería		5,00%	8.536	374
Inspección de Obras		2,95%	5.036	220
	SUB - TOTAL	7,95%	13.572	594
DIA			3.006	132
	SUB - TOTAL		3.006	132
	TOTAL		187.301	8.200,31

EL SALADO - SOLUCIÓN FUTURA

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LOMBRIFILTRO					
Datos Generales	Localidad	El Salado	Dmm	Población	907
	Caudal máximo horario	12	200	\$/hab	204.097
	Caudal max diario	4	200	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	426,4
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 187.301.175
Tratamiento Biológico	Lombrifiltro	Nº	1,0	\$ 91.191.900	\$ 91.191.900
Macromedidores	Afluente, By-pass y Efluente	Nº	3,0	\$ 998.888	\$ 2.996.664
EDIFICACIONES	Edificio de Administración y control	m2	15	\$ 327.902	\$ 4.918.536
	Bodega Productos Químicos	m2	9	\$ 218.602	\$ 1.967.414
	Sala de cloración	m2	9	\$ 218.602	\$ 1.967.414
URBANIZACION	Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 1.144.778	\$ 1.144.778
	Malla Rachel	m2	889		\$ 444.422
	Cierros	m2	226	\$ 14.559	\$ 3.286.214
	Extensión de matriz de agua potable	ml	50	\$ 16.318	\$ 815.900
	Soporte Malla Rachel	Gl	1		\$ 250.000
	Empalme y Suministro Transformador	Gl	1	\$ 3.038.200	\$ 3.038.200
	Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado	Gl	1	\$ 3.735.000	\$ 3.735.000
Puesta en Marcha	Vialidad	m2	243	\$ 5.000	\$ 1.217.130
			5,0%		\$ 5.848.679
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 122.822.251
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 47.900.678
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 8.536.146
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 5.036.326
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 3.005.843

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			El Salado	
Población			907	
Dotación [l/hab/d]			326,5	
Caudal [l/s]			3,1	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
Costo Directo Lombrifiltro		100,0%	122.822	5.377
	SUB - TOTAL	100%	122.822	5.377
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	47.901	2.097
	SUB - TOTAL	39,00%	47.901	2.097
Ingeniería		5,00%	8.536	374
Inspección de Obras		2,95%	5.036	220
	SUB - TOTAL	7,95%	13.572	594
DIA			3.006	132
	SUB - TOTAL		3.006	132
	TOTAL		187.301	8.200,31

INCA DE ORO – SOLUCIÓN BASE

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LOMBRIFILTRO					
Datos Generales	Localidad	Inca de Oro	Dmm	Población	145
	Caudal máximo horario	4	200	\$/hab	484.010
	Caudal max diario	1	200	\$/us\$	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		us\$/hab	1011,3
	Profundidad de la napa	No hay		\$/UF	22841
	UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 71.135.039
Tratamiento Biológico	Lombrifiltro	Nº	1,0	\$ 22.455.088	\$ 22.455.088
Macromedidores	Afluente, By-pass y Efluente	Nº	3,0	\$ 992.908	\$ 2.978.724
EDIFICACIONES	Edificio de Administración y control	m2	15	\$ 327.902	\$ 4.918.536
	Bodega Productos Químicos	m2	9	\$ 218.602	\$ 1.967.414
	Sala de cloración	m2	9	\$ 218.602	\$ 1.967.414
URBANIZACION	Instrumental Laboratorio	Gl	1	\$ 1.144.778	\$ 1.144.778
	Malla Rachel	m2	81		\$ 40.460
	Cierros	m2	149	\$ 14.559	\$ 2.165.317
	Extensión de matriz de agua potable	ml	50	\$ 16.318	\$ 815.900
	Soporte Malla Rachel	Gl	1		\$ 250.000
	Empalme y Suministro Transformador	Gl	1	\$ 3.038.200	\$ 3.038.200
	Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado	Gl	1	\$ 1.133.000	\$ 1.133.000
Puesta en Marcha	Vialidad	m2	73	\$ 5.000	\$ 367.244
			5,0%		\$ 2.162.104
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 45.404.178
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 17.707.630
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 3.155.590
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 1.861.798
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 3.005.843

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			Inca de Oro	
Población			145	
Dotación [l/hab/d]			309,9	
Caudal [l/s]			0,5	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
Costo Directo Lombrifiltro		100,0%	45.404	1.988
	SUB - TOTAL	100%	45.404	1.988
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	17.708	775
	SUB - TOTAL	39,00%	17.708	775
Ingeniería		5,00%	3.156	138
Inspección de Obras		2,95%	1.862	82
	SUB - TOTAL	7,95%	5.017	220
DIA			3.006	132
	SUB - TOTAL		3.006	132
	TOTAL		71.135	3.114

INCA DE ORO - SOLUCIÓN FUTURA

RESUMEN DE COSTOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO					
PROCESO: LOMBRIFILTRO					
Datos Generales	Localidad	Inca de Oro	Dmm	Población	145
	Caudal máximo horario	4	200	S/hab	484.010
	Caudal max diario	1	200	S/usS	479
	Tipo de suelo	Semi-duro		usS/hab	1011,3
	Profundidad de la napa	No hay		S/UF	22841
UNIDAD	DIMENSIONES		P. UNITARIO	P. TOTAL	
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN					\$ 71.135.039
Tratamiento Biológico	Lombrifiltro	Nº	1,0	\$ 22.455.088	\$ 22.455.088
Macromedidores	Afluente, By-pass y Efluente	Nº	3,0	\$ 992.908	\$ 2.978.724
EDIFICACIONES	Edificio de Administración y control	m2	15	\$ 327.902	\$ 4.918.536
	Bodega Productos Químicos	m2	9	\$ 218.602	\$ 1.967.414
	Sala de cloración	m2	9	\$ 218.602	\$ 1.967.414
URBANIZACIÓN	Instrumental Laboratorio	GI	1	\$ 1.144.778	\$ 1.144.778
	Malla Rachel	m2	81		\$ 40.460
	Cierros	m2	149	\$ 14.559	\$ 2.165.317
	Extensión de matriz de agua potable	m	50	\$ 16.318	\$ 815.900
	Soporte Malla Rachel	GI	1		\$ 250.000
	Empalme y Suministro Transformador	GI	1	\$ 3.038.200	\$ 3.038.200
	Sistema de Agua Potable, Servicio y Alcantarillado	GI	1	\$ 1.133.000	\$ 1.133.000
Puesta en Marcha	Vialidad	m2	73	\$ 5.000	\$ 367.244
			5,0%		\$ 2.162.104
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 45.404.178
Costos Indirectos	Gastos Generales y Utilidades		39,00%	Total Costos Directos	\$ 17.707.630
	Ingeniería y administración local		5,00%		\$ 3.155.590
	Inspección de Obras		2,95%		\$ 1.861.798
	Declaración de Impacto Ambiental				\$ 3.005.843

RESUMEN DE COSTOS				
Localidad			Inca de Oro	
Población			145	
Dotación [l/hab/d]			309,9	
Caudal [l/s]			0,5	
Item		(%)	(miles \$)	(UF)
Costo Directo Lombrifiltro		100,0%	45.404	1.988
	SUB - TOTAL	100%	45.404	1.988
Gastos Generales y Utilidades		39,00%	17.708	775
	SUB - TOTAL	39,00%	17.708	775
Ingeniería		5,00%	3.156	138
Inspección de Obras		2,95%	1.862	82
	SUB - TOTAL	7,95%	5.017	220
DIA			3.006	132
	SUB - TOTAL		3.006	132
	TOTAL		71.135	3.114

El resumen de los Costos detallados anteriormente puede resumirse de acuerdo al siguiente detalle.

SOLUCIÓN BASE.

○ LODOS ACTIVADOS.

		Copiapó	Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina
Población Equivalente	[Hab]	166.922	8.422	6.745	3.662
Caudal asterisco	[l/s]	269,3	14,9	10,1	4,6
Costos Directos	[M \$]	3.905.340,9	795.919,4	692.165	539.513,3
Costos Indirectos	[M \$]	1.966.063	409.782	357.852,4	281.449,5
COSTO TOTAL	[M \$]	5.871.403,9	1.205.701,4	1.050.017,4	820.962,8
	UF/Hab	1,54	6,27	6,82	9,82

○ LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.

		Vallenar	Caldera (*)
Población Equivalente	[Hab]	45.292	21.937
Caudal asterisco	[l/s]	70	29
Costos Directos	[M \$]	1.050.919,9	1.075.419,1
Costos Indirectos	[M \$]	537.411,1	538.252,6
COSTO TOTAL	[M \$]	1.588.331	1.613.671,7
	UF/Hab	1,54	3,22

(*) Valorización definida en Comisión de Expertos)

○ LOMBRIFILTRO.

		El Salado	Inca de Oro
Población Equivalente	[Hab]	907	145
Caudal asterisco	[l/s]	3,1	0,47
Costos Directos	[M \$]	122.822,3	45.404,2
Costos Indirectos	[M \$]	64.478,9	25.730,9
COSTO TOTAL	[M \$]	187.301,2	71.135,1
	UF/Hab	9,04	21,5

La solución base se contempla acopiar los lodos en la propia PTAS, lo cual tiene un costo de manejo de lodos detallado en operación de las PTAS del Anexo 8.

SOLUCIÓN FUTURA.

○ LODOS ACTIVADOS.

		Copiapó	Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina
Población Equivalente	[Hab]	166.922	8.422	6.745	3.662
Caudal asterisco	[l/s]	269,3	14,9	10,1	4,6
Costos Directos	[M \$]	3.885.099,7	792.497,6	689.634,9	537.882,9
Costos Indirectos	[M \$]	1.955.932,2	408.069,4	356.586,1	280.633,5
COSTO TOTAL	[M \$]	5.841.032	1.200.567	1.046.221	818.516,4
	UF/Hab	1,53	6,24	6,79	9,79

○ LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.

		Vallenar	Caldera (*)
Población Equivalente	[Hab]	45.292	21.937
Caudal asterisco	[l/s]	67	29
Costos Directos	[M \$]	1.047.809,4	1.075.419,1
Costos Indirectos	[M \$]	535.854,2	538.252,6
COSTO TOTAL	[M \$]	1.583.663,7	1.613.671,7
	UF/Hab	1,53	3,22

(*) Valorización definida en Comisión de Expertos)

○ LOMBRIFILTRO.

		El Salado	Inca de Oro
Población Equivalente	[Hab]	907	145
Caudal asterisco	[l/s]	3,1	0,47
Costos Directos	[M \$]	122.822,3	45.404,2
Costos Indirectos	[M \$]	64.478,9	25.730,9
COSTO TOTAL	[M \$]	187.301,2	71.135,1
	UF/Hab	9,04	21,5

Se destaca que dichos costos consideran la partida referida estrictamente a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, excluyendo en consecuencia la Planta Elevadora de Aguas Servidas, Emisarios de Llegada y de Descarga, Terreno, Equipos Generadores y Obras Especiales (Singularidades).

○ MONORELLENO.

La solución futura del Transporte y Disposición de Lodos considera la construcción y operación de un Monorelleno que reciba los lodos deshidratados provenientes de las PTAS de Diego de Almagro, Tierra Amarilla, Copiapó, Freirina, Caldera y Vallenar. El Monorelleno estaría ubicado a un costado de la PTAS de Copiapó, está diseñado para contener los lodos deshidratados de 5 años de las mencionadas PTAS y requiere la siguiente inversión.

		Monorelleno
Población Equivalente	[Hab]	252.981
Lodos Deshidratados anuales	[m3/año]	9.369
Costos Directos	[M \$]	472.650
Costos Indirectos	[M \$]	236.563,7
COSTO TOTAL	[M \$]	709.213,7
	UF/Hab	0,12

En el Anexo 8 se presenta el detalle desglosado del dimensionamiento y valorización del Monorelleno, así como también el gasto operacional necesario para la disposición de lodos. Cabe señalar que en la solución futura se considera el transporte de lodos desde cada PTAS al Monorelleno en Copiapó.

El requerimiento de terreno para el Monorelleno es de 42.702 m², cuya visualización se presenta en el Anexo 9 del presente Informe.

8.2.- COSTOS DE SINGULARIDADES.

Las PTAS no tienen costos asociados a este concepto, con excepción de la PTAS de Caldera, la que de acuerdo a la RCA debe considerar el Tratamiento Preliminar Cubierto, y cuyo costo se encuentra especificado en la valorización de la PTAS.

8.3. CARÁCTERÍSTICAS Y COSTOS DE INFRAESTRUCTURA DE APOYO.

En el presente punto se detalla el número de Macromedidores y la valorización de correspondiente a la Canaleta Parshall y un medidor Ultrasónico, destacando que los Costos de la Obra Civil requerida para el emplazamiento del sistema de medición se encuentran incluidos en la valorización de la PTAS.

Adicionalmente, en la misma tabla de Infraestructura de Apoyo se presenta la capacidad instalada de los Grupos Generadores de las PTAS, los que son valorizados en el Costo de toda la Infraestructura Sanitaria. La potencia del Grupo Generador contempla los requerimientos del sistema de Aeración del Tratamiento Preliminar (donde se contemplan sistemas mecanizados), del sistema de Aeración y Agitación del Tratamiento Biológico, recirculación de lodos (en Lodos Activados) y Desinfección, excluyendo la Deshidratación de Lodos.

La Capacidad Instalada contempla al menos 2 unidades en operación más una unidad en Stand By y tiene además un margen de holgura al ajustarse al equipo de capacidad inmediatamente mayor disponible comercialmente.

LOCALIDAD	Macromedidores		Potencia requerida Grupo Generador
	Nº	Costo M\$	KVA
Copiapó	3	7.485	800
Tierra Amarilla	3	6.061	90
Diego de Almagro	3	6.061	60
Freirina	3	6.061	40
Vallenar	3	6.061	135
Caldera	3	6.061	60
El Salado	3	4.637	5
Inca de Oro	3	4.637	5

9.- REQUERIMIENTOS DE TERRENO.

En base al dimensionamiento de la PTAS y las Obras Anexas y Complementarias asociadas, la Herramienta define el requerimiento de terreno. En el Anexo 9 se presenta el Lay Out de la solución definida y el terreno asociado al emplazamiento de la PTAS y obras adicionales requeridas. En la siguiente tabla se presenta el resumen de los requerimientos de terreno.

LOCALIDAD	Superficie Solución Base	Superficie Solución Futura
	m2	m2
Copiapó	59.339	23.400
Tierra Amarilla	9.793	7.000
Diego de Almagro	7.454	5.800
Freirina	5.876	4.800
Vallenar	43.370	40.000
Caldera	27.370	26.500
El Salado	3.167	3.167
Inca de Oro	1.379	1.379

10.- COSTOS DE OPERACIÓN DE LAS PTAS.

La Herramienta contempla un Modelo Auxiliar que corresponde a la planilla de determinación de los Costos de Operación de la PTAS, en la que se determinan los gastos operacionales (energía, productos químicos, producción, transporte y disposición de lodos, control de proceso, monitoreo ambiental, etc.).

Para determinar los Costos de Operación se presenta a continuación un resumen de los Consumos de Operación de los sistemas de tratamiento, segregados en Energía Eléctrica, Reactivos y Transporte y Disposición de Lodos, de acuerdo al siguiente detalle.

10.1.- COSTOS FIJOS.

10.1.1.- PERSONAL DE OPERACIÓN Y MANTENCION.

El personal requerido para la operación de la PTAS se encuentra señalado en el numeral 6.3 del presente Informe y el Costo correspondiente a este ítem será incluido en el Costo de Operación y Mantenimiento Global de toda la infraestructura sanitaria.

10.1.2.- SERVICIOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE PROCESO.

Los Costos por este concepto corresponden a los servicios de Toma de Muestras y Análisis de los parámetros requeridos para el cumplimiento del DS 90/00 conforme lo establecido en el ORD 2.128 de la SISS, el DS 04/09 y el control del proceso de tratamiento.

Los costos de cada PTAS asociados a esta actividad se encuentran detallados en el Anexo 8 al presente Informe y pueden resumirse del siguiente modo.

○ LODOS ACTIVADOS.

		Copiapó	Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina
Serv. Laboratorio y Control Procesos.	[M\$/Año]	24.181	17.631	17.631	17.277

○ LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.

		Vallenar	Caldera
Serv. Laboratorio y Control Procesos.	[M\$/Año]	18.555	17.020

○ LOMBRIFILTRO.

		El Salado	Inca de Oro
Serv. Laboratorio y Control Procesos.	[M\$/Año]	11.219	11.219

10.2.- COSTOS VARIABLES.

10.2.1.- ENERGIA ELECTRICA.

Considerando el Consumo Eléctrico (energía y potencia) requerido y tarifa asociada informada por AGUAS CHAÑAR S.A (Tabla N°9.12 del Anexo 5 de la empresa) con los precios unitarios establecidos por la Compañía Eléctrica EMELAT S.A, el Costo de Energía obedece al siguiente detalle.

○ LODOS ACTIVADOS.

		Copiapó	Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina
Consumo Energía	[KWH/año]	5.604.352	420.014	292.859	182.819
Costo Energía	[M\$/año]	340.575	26.744	18.747	15.017

○ LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.

		Vallenar	Caldera
Consumo Energía	[KWH/año]	1.203.982	613.633
Costo Energía	[M\$/año]	92.558	35.690

○ LOMBRIFILTRO.

		El Salado	Inca de Oro
Consumo Energía	[KWH/año]	15.496	2.933
Costo Energía	[M\$/año]	979	235

10.2.2.- REACTIVOS.

○ CLORO PARA DESINFECCIÓN.

La Desinfección de las aguas servidas tratadas se efectuará por medio de Cloración. Se adoptará desinfección por medio de Hipoclorito de Sodio cuando el caudal de aguas servidas a desinfectar es menor a 10 l/s y Cloro Gas cuando es mayor.

Para determinar las dosificaciones y el consecuente consumo asociado, se consideró la calidad esperada en el efluente de cada tecnología, las dosificaciones reales reportadas por la Empresa y las dosificaciones eficientes asociadas.

En cuanto al costo unitario de este insumo, fue obtenido a partir de lo informado por Aguas Chañar (Tabla N°9.9 del Anexo 5 de la Empresa) para Cloro Gas e Hipoclorito de Sodio, y asciende a 914,1 [\$/Kg] (transporte incluido) y 196,7 [\$/Kg] respectivamente, con lo que el costo anual de este reactivo asociado al consumo anual será el siguiente.

○ LODOS ACTIVADOS.

		Copiapó	Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina
Dosificación	[mg/l]	5	5	5	5
Consumo Cloro	[Kg/año]	42.468	2.357	1.591	7.303
Costo Cloro	[M\$/año]	38.819,8	2.154,4	1.454,2	1.436,5

○ LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.

		Vallenar	Caldera
Dosificación	[mg/l]	7	7
Consumo Cloro	[Kg/año]	15.367	6.292
Costo Cloro	[M\$/año]	14.046,7	5.751,8

○ LOMBRIFILTRO.

		El Salado	Inca de Oro
Dosificación	[mg/l]	7	7
Consumo Cloro	[Kg/año]	6.807	1.035
Costo Cloro	[M\$/año]	1.338,9	203,5

○ **CLOURU FERRICO PARA PRECIPITACION DE FOSFORO.**

En aquellas PTAS que requieren remoción de Fósforo en forma habitual a lo largo del año y el análisis de la calidad del afluente indica tal necesidad, se considerará el uso de Cloruro Férrico en solución al 42% para tales efectos.

Para determinar las dosificaciones y el consecuente consumo asociado, se analizaron las dosificaciones reales reportadas por la Empresa y las dosificaciones eficientes asociadas en función de la calidad del afluente, la calidad exigida del efluente y la estequiometría asociada al requerimiento.

A la luz de lo anterior, se contempla remoción de Fósforo por precipitación química para las localidades de Copiapó, Diego de Almagro, Freirina, Tierra Amarilla, Caldera y Vallenar.

En cuanto al costo unitario de Cloruro Férrico fue obtenido a partir de lo informado por Aguas Chañar (Tabla N° 9.9 del Anexo 5 de la Empresa) y asciende a 213 [\$/Kg], con lo que el costo anual de este reactivo asociado al consumo anual será el siguiente.

○ **LODOS ACTIVADOS.**

		Copiapó	Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina
Consumo Cloruro Férrico	[Kg/año]	33.994	2.144	2.730	5.011
Costo Cloruro Férrico	[M\$/año]	7.244,1	456,8	581,7	1.067,9

○ **LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.**

		Vallenar	Caldera
Consumo Cloruro Férrico	[Kg/año]	53.418	10.000
Costo Cloruro Férrico	[M\$/año]	11.383,4	2.131

○ **LOMBRIFILTRO.**

		El Salado	Inca de Oro
Consumo Cloruro Férrico	[Kg/año]	0	0
Costo Cloruro Férrico	[M\$/año]	0	0

○ **POLIMERO PARA DESHIDRATACION LODOS.**

En determinadas PTAS se efectuará Deshidratación Mecanizada de los Lodos, para lo cual se requerirá dosificar polímeros para mejorar la deshidratabilidad del lodo.

En aquellas localidades que contemplan Deshidratación Mecanizada por medio de Filtro Banda, se adopta la dosificación considerando las dosificaciones reales reportadas por la Empresa y las dosificaciones eficientes [Kg de Polímero /Ton LodoBaseSeca].

Cabe destacar que la Comisión de Expertos definió utilizar deshidratación mecanizada en las localidades de Freirina, Diego de Almagro y Tierra Amarilla, por lo cual se incorporaron los costos de este insumo al gasto anual en productos químicos.

El costo unitario de este insumo fue obtenido a partir de lo informado por Aguas Chañar (Tabla 9.9 del Anexo 5) y asciende a 2.338,2 [\$/Kg], con lo que el costo anual de este reactivo asociado al consumo anual detallado anteriormente será el siguiente.

○ **LODOS ACTIVADOS.**

		Copiapó	Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina
Producción de Lodos B.S	[Ton/año]	2.375	419,2	260,7	163,3
Dosificación	[Kg/Ton]	7			
Consumo de Polímero	[Kg/año]	13.299	203,8	126,7	79,4
Costo de Polímero	[M\$/año]	31.097	476,5	296,3	185,7

○ **LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.**

		Vallenar	Caldera
Producción de Lodos B.S	[Ton/año]	250	0
Dosificación	[Kg/Ton]	7	0
Consumo de Polímero	[Kg/año]	1.402	0
Costo de Polímero	[M\$/año]	3.278	0

○ **LOMBRIFILTRO.**

		El Salado	Inca de Oro
Producción de Lodos B.S	[Ton/año]	0	0
Dosificación	[Kg/Ton]	0	0
Consumo de Polímero	[Kg/año]	0	0
Costo de Polímero	[M\$/año]	0	0

○ **CAL PARA ESTABILIZACIÓN E HIGIENIZACIÓN.**

La Cal se utiliza tanto para estabilizar los Residuos Sólidos del Tratamiento Preliminar como para cumplir con la Estabilización e Higienización de lodos establecida en el DS 04/09 antes de ser dispuestos.

Para estabilizar los Residuos Sólidos de las PTAS se adopta una Dosificación de este reactivo de 0,4[Kg/Kg Basura].

En cuanto a la Estabilización de Lodos, el dimensionamiento de la PTAS de Copiapó en base a Lodos Activados contempla una Edad del Lodo de 10 días complementada con posterior Digestión Aeróbica y el resto de las PTAS con la misma tecnología consideran una Edad del Lodo de 25 días, con lo cual los lodos generados en todas las PTAS ya estarán estabilizados, requiriéndose en consecuencia solamente la Cal necesaria para la Higienización de los mismos.

Por otro lado, los lodos generados en las Lagunas Aeradas Multicelulares estarán sujetos a un período de digestión anaeróbica de los lodos al fondo de las mismas por un año, con lo cual también estarán estabilizados al momento de su extracción. Finalmente, los Lombrifiltros degradan los sólidos orgánicos transformándolos en humus, el que se constituye un subproducto que puede reutilizarse como abono agrícola.

En cuanto a la Higienización de los lodos, la bibliografía reporta que la dosificación de lodos para alcanzar Lodos Clase B está en el rango de 0,1 – 0,3 Kg/KgLodo, adoptándose una dosificación de 0,25 KgCal/KgLodo para efectos de higienizar los lodos generados.

El costo unitario de este insumo fue obtenido a partir de valores de mercado asciende a 95,9 [\$/Kg], con lo que el costo y consumo anual de este reactivo será el siguiente.

○ **LODOS ACTIVADOS.**

		Copiapó	Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina
Dosificación	[Kg Cal/Kg Lodo]	0,25	0,25	0,25	0,25
Consumo Cal	[Kg/año]	515.751	40.512	25.312	15.607
Costo Cal	[M\$/año]	49.461	3.885	2.427	1.497

○ LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.

		Vallenar	Caldera
Dosificación	[Kg Cal/Kg Lodo]	0,25	0,25
Consumo Cal	[Kg/año]	60.604	19.492
Costo Cal	[M\$/año]	5.812	1.869

○ LOMBRIFILTRO.

		El Salado	Inca de Oro
Dosificación	[Kg Cal/Kg Lodo]	0	0
Consumo Cal	[Kg/año]	0	0
Costo Cal	[M\$/año]	0	0

10.2.3.- TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE LODOS.

En lo referido al Transporte y Disposición de Lodos, la Solución Base la constituirá la correspondiente a la solución real adoptada por la Empresa en la actualidad, vale decir, acopio temporal de lodo encalado en el recinto de cada PTAS en tanto se implemente la Solución Futura. En lo referido a esta última, y considerando que el Vertedero El Chulo se descarta como alternativa para recibir los lodos de las PTAS, se efectuó un análisis técnico económico entre las siguientes 3 alternativas.

- Un sólo monorrelleno en la localidad de Copiapó.
- Tres monorrelenos ubicados en.
 - Copiapó (recibe lodos de Copiapó, Caldera y Tierra Amarilla).
 - Diego de Almagro (recibe sus lodos).
 - Vallenar (recibe lodos de Vallenar y Freirina).
- Forestación en cada PTAS.

La evaluación económica se encuentra detallada en el Anexo N° 8 del presente Informe, cuyo resumen arrojó los siguientes costos.

Monorelleno Copiapó	Monorelleno Cop, D Alm y Vall	Forestación en PTAS
(M\$)	(M\$)	(M\$)
1.663.299	2.337.781	3.019.480

A la luz de lo anterior, se concluye la conveniencia de adoptar un Monorrelleno a ser emplazado en la localidad de Copiapó, el que recibirá los lodos de todas las PTAS que generan lodos.

De la información utilizada para el cálculo del Valor Presente de Costos del análisis de alternativas, se extrae adicionalmente el costo de Operación de la solución adoptada (Monorrelleno en Copiapó), el que asciende a 25.547,5. (M\$/año).

Considerando la solución eficiente adoptada, el costo por concepto del Transporte y Disposición de Lodos será entonces el siguiente.

○ **SOLUCION BASE.**

○ **LODOS ACTIVADOS.**

		Copiapó	Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina
Transporte y Disposición de Lodos	[M\$/año]	20.861,7	1.680	1.044,7	654,7

○ **LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.**

		Vallenar	Caldera
Transporte y Disposición de Lodos	[M\$/año]	2.199	666,6

○ **LOMBRIFILTRO.**

		El Salado	Inca de Oro
Transporte y Disposición de Lodos	[M\$/año]	0	0

○ **SOLUCION FUTURA.**

○ **LODOS ACTIVADOS.**

		Copiapó	Tierra Amarilla	Diego de Almagro	Freirina
Transporte y Disposición de Lodos	[M\$/año]	432,9	1.534,5	6.940	5.018,1

○ LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.

		Vallenar	Caldera
Transporte y Disposición de Lodos	[M\$/año]	14.142,4	2.118,8

○ LOMBRIFILTRO.

		El Salado	Inca de Oro
Transporte y Disposición de Lodos	[M\$/año]	0	0

Jacobo Homsí A.
Gerente Técnico KRISOL

Santiago, Enero de 2014.