

# TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS PARA PLANTA PRODUCTORA DE LUBRICANTES Y ADITIVOS INDUSTRIALES

Proyecto Final Integrador para optar por el título de  
Ingeniera Ambiental

Marina Natalia Carcavallo

Legajo: CYT-6768



Universidad Nacional de San Martín | Buenos Aires | 2021

# TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO .....	1
CAPÍTULO 1: Generalidades del Proyecto .....	4
1.1 Introducción .....	4
1.2 Objetivos y alcance.....	5
1.3 Diagnóstico de la situación .....	7
CAPÍTULO 2: Marco metodológico .....	9
CAPÍTULO 3: Marco Teórico .....	11
3.1 La industria de lubricantes y aditivos.....	11
3.2.1 <i>Actividad Industrial</i> .....	18
3.2.2 <i>Historia</i> .....	18
3.2.3 <i>Localización y Accesos</i> .....	19
3.2.4 <i>Instalaciones</i> .....	20
3.2.5 <i>Servicios</i> .....	21
3.2.6 <i>Producción</i> .....	22
3.2.7 <i>Áreas funcionales</i> .....	22
3.3 Proceso productivo .....	24
3.3.1 <i>Proceso Productivo de los Aditivos</i> .....	24
3.3.2 <i>Proceso Productivo de los lubricantes</i> .....	28
3.4 Efluentes líquidos .....	29
3.4.1 <i>Generación y características</i> .....	29
3.4.2 <i>Efluente Industrial</i> .....	29
3.4.3 <i>Efluentes Domiciliarios</i> .....	30
3.4.4 <i>Cuerpo receptor</i> .....	31
3.5 Residuos Sólidos .....	32
CAPÍTULO 4: Marco Normativo.....	34
4.1 Supranacional.....	34
4.2 Nacional .....	36
4.3 Provincial .....	39
CAPÍTULO 5: Análisis de efluentes y formulación de alternativas.....	46
5.1 Consideraciones generales .....	46
5.2 Análisis de los efluentes .....	46
5.3 Consideraciones previas a la formulación de alternativas.....	49

5.4 Alternativas de tratamiento .....	50
CAPÍTULO 6: Descripción de alternativas.....	58
6.1 Pre- tratamiento .....	58
6.2 Tratamiento primario .....	63
6.3 Tratamiento secundario .....	68
6.4. Tratamiento terciario .....	84
6.5 Cámara medidora de caudal .....	86
CAPÍTULO 7: Análisis de Alternativas.....	86
7.1 Criterios a evaluar .....	86
7.2 Matriz de ponderación .....	94
7.3 Conclusiones.....	94
CAPÍTULO 8: Memoria Descriptiva .....	97
8.1 Pretratamiento .....	97
8.2 Tratamiento Primario .....	98
8.3 Tratamiento Secundario .....	99
8.4 Tratamiento terciario.....	100
CAPÍTULO 9: Memoria de cálculo .....	101
9.1 Pre-Tratamiento .....	101
9.2 Tratamiento primario .....	117
9.3 Tratamiento secundario .....	130
9.4 Tratamiento terciario.....	150
9.5 Cámara medidora de caudal .....	154
9.6 Sistema de conducción .....	154
9.7 Sistema de impulsión .....	162
9.8 dosificadores .....	164
9.9 Automatización de la Planta .....	165
9.10 Plan de Gestión y Monitoreo .....	166
9.11 Conclusiones.....	167
CAPÍTULO 10: Estimación y análisis de costos .....	168
10.1 Propósito.....	168
10.2 Alcance .....	168
10.3 Costo de Adquisición.....	169
10.4 Costos de operación y mantenimiento.....	174
10.5 Resumen de costos del proyecto .....	178
10.6 Análisis de Costo-Beneficio.....	179

10.7	Financiamiento .....	182
10.8	Conclusiones.....	184
CAPÍTULO 11: Cronograma del proyecto.....		190
CAPÍTULO 12: Estudio de Impacto Ambiental .....		194
12.1	Resumen Ejecutivo.....	194
12.2	Descripción del proyecto .....	196
12.3	Localización del Proyecto .....	196
12.4	Duración y etapas del proyecto .....	198
12.5	Descripción específica del Proyecto .....	200
12.6	Áreas de influencia.....	205
12.6	Caracterización ambiental del área .....	207
	<i>Generalidades.....</i>	<i>208</i>
	<i>Caracterización específica .....</i>	<i>208</i>
	<i>Agua Superficial.....</i>	<i>213</i>
	<i>Cuenca Matanza-Riachuelo (CMR).....</i>	<i>214</i>
	<i>Agua Subterránea.....</i>	<i>216</i>
	<i>Riesgo de Inundación.....</i>	<i>217</i>
12.7	Identificación de aspectos e impactos ambientales .....	261
12.8	Descripción de los impactos ambientales .....	265
12.9	Plan de Manejo y Monitoreo Ambiental .....	270
12.10	Conclusiones.....	276
BIBLIOGRAFÍA.....		276
ANEXO I.....		I
ANEXO II.....		IX
ANEXO III .....		XVII
ANEXO IV.....		XXIX
ANEXO V .....		XXXIII

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto considera una industria nacional, que opera desde 1979 fabricando aditivos para lubricantes industriales y lubricantes especiales. Como resultado de sus actividades diarias, la planta genera efluentes líquidos industriales, provenientes del proceso productivo, y cloacales, como resultado de las actividades secundarias. Actualmente, la empresa carece de un sistema de tratamiento de efluentes industriales, optando momentáneamente por la disposición final de los mismos mediante gestores ambientales autorizados, ya que las normativas locales prohíben su vertido sin tratamiento al medioambiente. Tampoco posee un tratamiento de los efluentes domiciliarios ni conexión a una red cloacal, por lo que también recurre a un servicio tercerizado para el retiro periódico de los mismos.

El efluente industrial se genera a partir del lavado de tanques, maquinarias, utensilios industriales, materiales del laboratorio y del establecimiento en general. Éste se caracteriza por contener altas concentraciones de aceites minerales, sustancias fenólicas y demás componentes tóxicos y recalcitrantes. Por tratarse de un efluente con restos de compuestos químicos no específicos mezclados con sustancias derivadas del petróleo, la resolución 336-03 dictada por el Directorio de la Autoridad del Agua de Buenos Aires (ADA) lo categoriza con un nivel de riesgo de 3 puntos, en una escala del 0 al 4. Por esta razón, se clasifican como peligrosos y nocivos, por lo que, para ser dispuestos, requieren indispensablemente de un tratamiento que los vuelva inocuos e inofensivos para el medioambiente y la salud humana.

El efluente cloacal se genera como resultado del uso de los sanitarios y cocina del predio y aguas de limpieza de la infraestructura en general, por lo cual sus principales contaminantes son materia orgánica, nutrientes, grasas y aceites y surfactantes.

Para la formulación de la propuesta de solución al problema, se realizó un relevamiento de la planta industrial y una entrevista con su director, a fin de caracterizar la generación y la composición específica de los efluentes a tratar. Luego, se llevó a cabo un relevamiento y estudio de bibliografía específica para conocer las tecnologías de tratamiento más adecuadas, eficientes y utilizadas en el campo de la industria *downstream* del petróleo.

Se propusieron y describieron tres alternativas de tratamiento de los efluentes. El tratamiento propuesto incluye una serie de procesos químicos, físicos y biológicos, distribuidos en cuatro etapas: pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario. Las alternativas de tratamiento giran en torno a las tecnologías involucradas en tratamiento secundario, para las cuales se propusieron: (1) Sistema de lecho percolador y lodos activos; (2) Sistema de lodos activos con tecnología PACT (*Power Activated Carbon Treatment*) y WAR (*Wet Air Regeneration*); y (3) Tren de lagunaje

Para la selección de la alternativa más conveniente se realizó un análisis aplicando el método WRC (*Weighting Rating and Calculating*), en el cual se tomaron en cuenta cinco criterios principales: costos, eficiencias de remoción de HCT, superficie ocupada, flexibilidad operativa y liberación de VOCs.

Como resultado, se concluyó que el tratamiento con lodos activos y tecnología PACT (*Power Activated Carbon Treatment*) + WAR (*Wet Air Regeneration*) es el más conveniente para el caso en estudio.

Mediante una memoria de cálculo se diseñaron y dimensionaron las unidades operativas involucradas en el mismo, que luego fueron representadas mediante planos con vista en corte y vista en planta.

La inversión requerida para el inicio, construcción y puesta en marcha del proyecto es de \$19.600.000 + IVA (pesos diecinueve millones seiscientos mil más IVA). El costo anual que implica la operación de la planta es de \$9.630.363 + IVA (pesos nueve millones seiscientos treinta mil trescientos sesenta y tres más IVA), resultando en un costo medio de \$137,4 + IVA (pesos ciento treinta y siete con cuatro centavos más IVA) por metro cúbico de efluente tratado, al año número 25 de operación.

Tras un análisis de costo-beneficio, se llegó a la conclusión de que la incorporación de la PTELI diseñada representa un ahorro del %98,5 de los costos acumulados, en el hipotético caso de que la industria debiera recurrir a la gestión tercerizada de sus efluentes durante los próximos 25 años.

Al finalizar la etapa de diseño e ingeniería, se llevó a cabo una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), que dejó evidencia de que el proyecto es socio-ambientalmente factible, de cumplir con las medidas establecidas en el plan de manejo y monitoreo ambiental determinadas en la misma.

Finalmente, se concluye que el proyecto es viable desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental, ya que propone una solución innovadora, eficaz y conveniente para lograr el cumplimiento de las exigencias regulatorias de vuelco y la preservación del ambiente y la salud humana; proporcionando, a su vez, beneficios económicos tangibles frente a la actual situación que enfrenta la industria en cuanto a la disposición de sus efluentes.

# CAPÍTULO 1: Generalidades del Proyecto

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El pilar de la sustentabilidad en el desarrollo de los proyectos industriales está cobrando cada vez más importancia en la toma de decisiones de los grandes empresarios de la actualidad. A diferencia del pasado, la sociedad contemporánea está comenzando a posicionar la dimensión ambiental en un rol principal, concientizándose respecto del modo de consumo, la explotación de recursos, el consumo de energía y la generación de desechos que implica el modelo económico actual.

Si bien este sistema continúa sin colocar al bienestar del medioambiente como prioridad, se han logrado establecer objetivos, acuerdos y responsabilidades de alcance internacional que resultaron en nuevos marcos regulatorios ambientales en la mayoría de los países.

Es por ello que la industria moderna ha de reinventarse para cumplir con la demanda de forma responsable, proponiendo nuevos métodos de negociación en los cuales la dimensión económica, social y ambiental se encuentren equilibradas. Así, cada industria ha de desarrollar su actividad cumpliendo con las normativas ambientales, ajustándose a las exigencias y absteniéndose a las consecuencias ante la falta de cumplimiento.

La creciente modernización y automatización de procesos industriales dados en los últimos años trajo aparejado un aumento de la demanda y consumo de lubricantes y sus respectivos aditivos (Ghimire & Wang, 2018). Esto, inevitablemente, se traduce en un incremento proporcional de la generación de las aguas residuales provenientes de las industrias productoras de dichos insumos. Estos efluentes se caracterizan por contener altas concentraciones de aceites minerales, sustancias fenólicas y demás componentes tóxicos y recalcitrantes, por lo que su descarga sin tratamiento a los diferentes cuerpos receptores afectaría directamente a la composición física, química y biológica de estos ecosistemas. Es por ello su tratamiento se vuelve obligatorio y necesario para poder desarrollar una producción limpia y equilibrada con el medioambiente

En el presente trabajo, se documenta el desarrollo de una solución factible para el tratamiento de los efluentes generados como resultado de la fabricación de aditivos para lubricantes y lubricantes industriales especiales. La fábrica carece de un sistema de

tratamiento in situ y los efluentes generados no cumplen con los parámetros de vuelco establecidos en las regulaciones. Por esta razón, actualmente está recurriendo a un servicio tercerizado de tratamiento y disposición final de los mismos, demandando altos costos y aumentando la responsabilidad de la industria sobre dichos residuos en caso de un mal manejo en manos de un tercero.

Para resolver la problemática, se aplicó la ingeniería ambiental para diseñar un tratamiento adecuado y específico para dicha industria, a fin de que la misma cumpla con la normativa y retome su producción de forma legal y responsable.

## 1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE

### 1.2.1 *Objetivo general*

Regularizar la situación de la industria en lo que respecta a generación y disposición de efluentes líquidos para cumplir con los requisitos legales ambientales.

### 1.2.2 *Objetivo específico*

Diseñar una solución de ingeniería para el tratamiento de los efluentes de una industria productora de lubricantes minerales y aditivos que proporcione una disposición final segura, preservando la salud de los seres humanos y el bienestar del medioambiente.

### 1.2.3 *Objetivos metodológicos*

- Caracterizar los procesos productivos de la industria.
- Identificar los puntos de generación de efluentes.
- Evaluar cómo incluir a los efluentes del tipo domiciliarios en el tratamiento.
- Estudiar las condiciones preliminares del terreno.
- Proponer diferentes alternativas de tratamiento y diseñar aquella que mejor se ajuste al caso, evitando la mayor cantidad de efectos secundarios posibles (olores, ruidos, interrupción del paisaje, etc.).
- Realizar una estimación y análisis de costo-beneficio.
- Estimar los tiempos de construcción y puesta en marcha.
- Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto y formular un plan de manejo y monitoreo impactos.

### ***1.2.3 Alcance***

El proyecto enmarca el Diseño, Presupuesto y Estudio de Impacto Ambiental de una planta de tratamiento de efluentes líquidos para la industria con una vida útil de 25 años.

### 1.3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN

El proyecto considera una industria nacional cuya planta se encuentra ubicada en el Partido de Cañuelas, Provincia de Buenos Aires. La misma opera desde 1979 fabricando lubricantes industriales y aditivos y, a su vez, a partir del año 2003 comenzó a ser representante de ventas de lubricantes especiales de una importante firma. La totalidad de los productos los comercializa tanto nacional como internacionalmente.

La producción actual de la empresa es de 14.880.000 litros de producto anual, tanto de aditivos como de lubricantes. A lo largo del año 2021, la empresa ha expandido su equipo de ventas, con el objetivo de hallar nuevas oportunidades de negocio. Tras obtener buenos resultados, los directores establecieron planes de expansión estructural para suplir con la nueva demanda y lograr paulatinamente un incremento productivo del 30%.

Desafortunadamente, en el mes de enero del 2021 la fábrica sufrió un incendio accidental que acabó con su planta de tratamiento de efluentes junto con una importante parte de su producción. Este incidente no sólo le generó grandes pérdidas económicas per se, sino que también le obligó a recurrir a una gestión tercerizada del retiro de sus efluentes para poder continuar operando; lo que le contrae altos costos adicionales. Por esta razón, la industria decidió contratar a una constructora de ingeniería ambiental a fin de diseñar e instalar un sistema de tratamiento de efluentes eficiente y seguro que logre cumplir con los requerimientos exigidos por la normativa vigente.

Hasta tanto la planta de tratamiento se encuentre operativa, la industria debe recurrir a gestores autorizados para disponer sus efluentes de producción, lo que le está implicando un alto costo económico, como se analizará más adelante.

Como consecuencia de sus actividades diarias, la planta genera diariamente efluentes líquidos de diferentes naturalezas, tanto industriales como domiciliarios. El efluente industrial está compuesto por aguas de lavado de tanques, utensilios y maquinarias cada vez que finaliza la producción de una tanda de productos, como así también descartes acuosos provenientes de derrames accidentales. Todos ellos convergen en un único volumen, por lo que el efluente final queda constituido mayoritariamente por agua, solventes, agentes tensioactivos y restos de materias primas, productos intermedios y productos finales. Por tratarse de un efluente con restos de compuestos químicos no específicos mezclados con sustancias derivadas del petróleo, la resolución 336-03 dictada por el Directorio de la Autoridad del Agua de Buenos Aires (ADA) lo categoriza con un nivel de riesgo de 3 puntos, en una escala del 0 al 4 (Figura A1.14 Anexo I). Por esta razón,

se clasifican como peligrosos y nocivos, por lo que, para ser dispuestos, requieren indispensablemente de un tratamiento que los vuelva inocuos e inofensivos para el medioambiente y la salud humana.

Los efluentes domiciliarios son generados como resultado de las limpiezas de las áreas no productivas y el uso de la cocina y sanitarios. Al no contar con el servicio de cloacas, la fábrica utiliza un antiguo pozo ciego para disponer los mismos. Dicho sistema trae grandes problemas de malos olores y, por su reducida capacidad en comparación a la magnitud de caudal que recibe, debe ser vaciado cada semana. Esto no sólo implica un sobre costo por el servicio de disposición, sino que también trae molestias e interferencias en las actividades diarias de la fábrica, ya que los camiones atmosféricos tienen que asistir muy a menudo. Es por ello que se consideró la posibilidad de incluir a los efluentes domiciliarios en el mismo tratamiento.

Considerando la situación actual de la industria, es importante destacar que el tiempo y los costos son dos variables muy definitorias a la hora de hacer la selección de la alternativa de tratamiento. Es por ello que este proyecto fue categorizado como de riesgo medio, pero en función de la gran *expertise* de la consultora en situaciones similares, se considera que el mismo podrá llevarse a cabo de manera exitosa.

## Capítulo 2: Marco metodológico

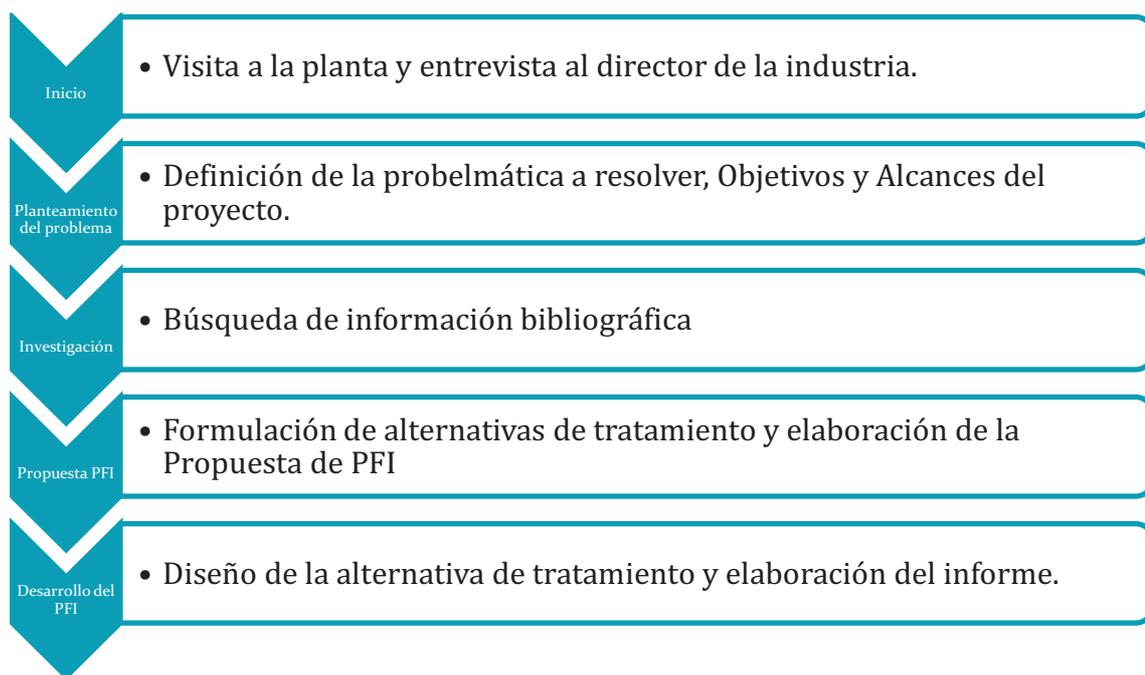
El presente trabajo integrador es de tipo académico investigativo. El punto de partida fue la selección de una industria generadora de efluentes y el planteamiento de su problemática a resolver. Para ello, se realizó una visita a la planta y un recorrido de las instalaciones, en la cual se tomaron notas y fotografías de la situación actual de la fábrica. A su vez, se realizó una entrevista al Director para obtener información general de la industria, del proceso productivo, de los productos obtenidos y de la generación y la composición de los efluentes.

Con dicha información, se definieron los alcances y objetivos del trabajo. A continuación, se dio lugar a la investigación y búsqueda bibliográfica, para luego formular las alternativas posibles de tratamiento, dando como resultado la propuesta de Proyecto Final Integrador presentada previamente al inicio del trabajo.

La metodología utilizada en la investigación y recolección de información fue de tipo bibliográfica, con consultas de diferentes fuentes como libros, informes científicos, páginas web, entidades municipales y autoridades de aplicación, además de la asesoría de los docentes.

Una vez aprobada por las autoridades académicas, inició el proceso de diseño de la alternativa de tratamiento seleccionada y la confección del presente informe.

A continuación, se muestra el proceso de realización del proyecto, en donde se observa el paso a paso que se llevó a cabo con el fin de culminar el desarrollo del trabajo:



## CAPÍTULO 3: Marco Teórico

### 3.1 LA INDUSTRIA DE LUBRICANTES Y ADITIVOS

#### **3.1.1 Antecedentes de la lubricación**

La lubricación de los artefactos viene siendo utilizada por el hombre desde la época prehistórica, entendiéndola a la misma como un método esencial para la operación de cualquier maquinaria que implique la fricción de dos cuerpos entre sí. Como resultado de la revolución industrial, el descubrimiento del petróleo y los avances tecnológicos, las máquinas fueron sofisticándose cada vez más y más rápido, conjuntamente con sus requerimientos de insumos, lubricación y mantenimiento (Martinez, 1992). Es así como los aceites y grasas lubricantes utilizados en la industria fueron refinándose cada vez más hasta obtener la gran variedad que se conoce hoy en día.

#### **3.1.2 Lubricantes**

Un lubricante es una sustancia capaz de evitar el contacto directo entre dos superficies deslizantes, haciendo que la fricción entre ambas se vuelva despreciable. A su vez, disipa el calor generado por el roce, reduce la formación de gránulos por desgaste de material y mantiene las superficies limpias y libres de residuos, impidiendo la degradación y corrosión de las piezas.

Los lubricantes están conformados por una mezcla preparada de aceites base y aditivos. La naturaleza de las sustancias y su proporción en la mezcla es lo que determinará la aplicación y las propiedades finales de cada lubricante (Snidermann, 2017). El aceite base confiere las propiedades de fondo y los aditivos adecúan las propiedades a los requerimientos específicos de la aplicación (Tejedor, s.f.). Dos lubricantes con aplicaciones diferentes pueden tener la misma base y diferir en los aditivos. En la industria existe un amplio rango de aplicaciones, para las cuales se requieren múltiples lubricantes con propiedades específicas.

Los aceites lubricantes generalmente se utilizan en engranajes, cojinetes, motores eléctricos, cilindros de vapor, turbinas, compresores de aire, compresores de refrigeración, automotrices y para corte y mecanizado de piezas, entre otras aplicaciones.

### 3.1.3 Aceites base

Los aceites base son el componente principal de los lubricantes y son los que definen las propiedades principales del mismo, tales como su viscosidad, punto de inflamación, punto de congelación, volatilidad, contenido de azufre y la composición hidrocarbonada (Tejedor, s.f.). El origen de los aceites puede ser mineral, sintético, natural o bien ser regenerados. Dicha naturaleza le dará al lubricante distintas características, definidas según las propiedades finales que se requieran para cada aceite.

Los aceites base de origen mineral se obtienen a partir del proceso de refinamiento del petróleo, el cual consta de dos destilaciones. En primer lugar, el petróleo crudo es sometido a una primera destilación, a partir de la cual se obtienen múltiples productos. El crudo reducido se aísla de los demás productos y se le realiza una segunda destilación al vacío, a partir de la cual se obtienen, entre otros, las bases lubricantes, que son separadas de las demás sustancias por diferencia de viscosidad. Éstas, se encuentran constituidas por una amplia cantidad de hidrocarburos con propiedades individuales diferentes, por lo que es posible clasificarlas en tres tipos:

- **Parafínicas.** Bases compuestas por cadenas de hidrocarburos en línea recta o ramificada. Son generalmente utilizadas para la producción de kerosene, aceites combustibles y lubricantes.
- **Nafténicas.** Poseen mejor calidad que las bases anteriores. Son refinadas para mejorar su condición. Poseen bajo punto de fluidez, inestabilidad química, bajo índice de viscosidad, tendencia a la oxidación.
- **Aromáticas.** Conformadas por cadenas no saturadas, lo que las hace químicamente activas y tienen tendencia a la oxidación generando ácidos orgánicos. Se caracterizan por poseer densidad elevada, inestabilidad y bajo punto de inflamación.

Los aceites básicos minerales son clasificados en cinco diferentes grupos por el Instituto Americano del Petróleo (API) de acuerdo a su contenido de azufre, su estructura química (contenido de enlaces saturados) y su índice de viscosidad. Los más utilizados en la industria son los aceites de los grupos II y III.

Los aceites sintéticos, en cambio, son creados mediante procesos químicos para realizar funciones específicas, lo cual otorga homogeneidad a sus propiedades finales por estar compuesto de moléculas idénticas. Respecto de bases minerales, las sintéticas proveen un rango térmico de trabajo más amplio, mayor resistencia a la oxidación, ahorro

de energía, menor requerimiento de mantenimiento, menor uso de aditivos y mayor biodegradabilidad. Si bien son más costosos, poseen mayor calidad y vida útil (Agudelo López & Hernandez Baena, 2006).

Los aceites base naturales son de origen vegetal y están conformados por ésteres de ácidos grasos y glicerol y sus propiedades físico-químicas dependen principalmente de su composición acídica. Los mismos presentan varias ventajas respecto de los de origen mineral y sintético. Se destacan notablemente por su alta biodegradabilidad, lubricidad e índice de viscosidad y por implicar un menor costo productivo que las demás. Sin embargo, a pesar de haberse demostrado que los lubricantes formulados con bases vegetales trabajan perfectamente como fluidos hidráulicos, no han logrado predominar sobre los lubricantes minerales o sintéticos ni en la industria ni en la automoción, debido a su menor estabilidad y sus mayores puntos críticos de fluidez (Garcés, Martínez Force, & Salas, 2011). A pesar de ello, la biotecnología continúa desarrollando avances prometedores, lo cual coloca a los lubricantes vegetales como potencial reemplazo de los anteriormente mencionados. Algunos ejemplos son los aceites de canola, colza, ricino, palma, oliva, mostaza y girasol.

Respecto de las bases regeneradas a partir de aceites usados, la producción de las mismas tiene como único objetivo la reducción de costos. Actualmente muchos lubricantes contienen un 15% de bases regeneradas (Tejedor, s.f.).

### **3.1.4 Propiedades de los lubricantes**

**Viscosidad.** Esta propiedad queda definida por la resistencia al movimiento de la masa por deformaciones o tracciones sobre la misma. La viscosidad disminuye con la temperatura y esta relación puede establecerse con el índice de viscosidad (siendo bajo indica si el cambio de viscosidad con la temperatura es muy grande y alto si el cambio de viscosidad con la temperatura es chico). Es importante evaluar este índice si el aceite debe trabajar durante arranques fríos y luego en altas temperaturas (Agudelo López & Hernandez Baena, 2006).

**Punto de destello o inflamación.** Es la temperatura máxima a la cual el aceite comienza a emanar vapores suficientes como para ser encendidos en presencia de una llama. En este punto el aceite no se quema, sólo libera vapores inflamables.

**Punto de quemado.** Es la temperatura a partir de la cual el aceite continúa ardiendo por más de 5 segundos cuando es sometido a la prueba de destello. Puede estar entre los

5 y 27 grados mayores a la temperatura de inflamación (Agudelo López & Hernandez Baena, 2006).

**Punto de fluidez.** Temperatura mínima en la cual se detecta fluidez en el aceite. Junto con el índice de viscosidad, esta propiedad es de importancia a la hora de elegir un aceite que deba trabajar en temperaturas muy frías, como por ejemplo en los compresores de refrigeración (Martinez, 1992). El punto de fluidez se puede deprimir añadiendo aditivos para tal fin.

**Residuos de carbón.** Es una medida del porcentaje de carbón contenido en el aceite. Para cuantificarlo, se evapora la parte volátil del aceite sometiéndolo a calentamiento sin contacto con aire. Esta prueba establece entonces dos propiedades: la volatilidad del aceite y el porcentaje de componentes pesados no volátiles que permanecen en el fondo (Agudelo López & Hernandez Baena, 2006).

### **3.1.5 Deterioro de los lubricantes**

Los aceites base de los lubricantes, en condiciones ideales, no haría falta re cambiarlos, ya que no se “gastan” o “deterioran” por sí solos. Sin embargo, en función de la aplicación que tengan, sufren contaminaciones con partículas externas de diferentes naturalezas o atraviesan diversos cambios físicos que estropean sus propiedades principales y los van inhabilitando para su función. Uno de los principales roles de los aditivos es amortiguar dichas influencias y alargar la vida útil del lubricante.

A continuación, se detallan diversos factores por los cuales los lubricantes se deterioran y deben ser desechados:

**Agotamiento de los aditivos.** Los aditivos realzan propiedades requeridas en los lubricantes y disminuyen aquellas no deseadas. Durante el desarrollo de sus funciones, los componentes van siendo “utilizados” hasta que pierden sus capacidades, lo cual deja al lubricante despojado de las mismas generando deterioro o desgaste. Para determinar hasta qué punto es posible utilizar el lubricante sin generar daño en la maquinaria, se desarrollan varios ensayos de comportamiento con el aceite usado, a fin de evaluar el estado de las propiedades que los hacen operativos.

**Cambios de temperatura.** Los lubricantes de base mineral se encuentran compuestos por hidrocarburos, que son susceptibles a descomponerse a altas temperaturas. Como consecuencia, se generan productos solubles e insolubles que interfieren con la composición del aceite. Los productos solubles son principalmente ácidos que forman

emulsiones estables en presencia de agua y atacan químicamente las superficies metálicas. A su vez, si la concentración de éstos aumenta, dejan de ser inhibidos por los aditivos antioxidantes y anticorrosivos generando lodos insolubles que forman depósitos de material sobre las piezas (Agudelo López & Hernandez Baena, 2006).

**Presencia de agua.** El agua proviene de la condensación del vapor presente en el aire o por fugas en los sistemas de enfriamiento. La presencia de agua en los aceites puede provocar emulsificación y limpia la película de lubricante existente sobre las superficies.

**Material particulado.** Proveniente del ambiente o del desgaste de las piezas. Puede ser polvo, hollín, partículas metálicas, etc. Su presencia modifica la composición física del aceite, incrementando la concentración de sólidos que funcionan como catalizadores del proceso de oxidación (Agudelo López & Hernandez Baena, 2006).

### **3.1.6 Aditivos**

Las bases lubricantes cumplen con la mayor parte de las funciones de lubricación pero necesariamente requieren de aditivos para mejorar o incrementar las propiedades esenciales y minimizar aquellas no deseadas.

La función principal de los lubricantes, como se ha mencionado, es la reducción significativa de la fricción y el desgaste provocado por el contacto de dos piezas en movimiento. Por esta razón, el aceite lubricante es el que siente la fricción provocada por dicho movimiento, reduciendo la transmisión de la misma a cada pieza. En función de las condiciones de operación existen diferentes regímenes de fricción, aumentando al trabajar a bajas velocidades, bajo presiones extremas o con lubricantes poco viscosos. Estas condiciones hacen que la fricción transmitida a las piezas se acrecente, incentivando el desgaste o rotura de la maquinaria. Es por esto que surge la necesidad de añadir aditivos para contrarrestar la fricción, que se encarguen de deprimir el índice de fricción para garantizar un amplio rango de trabajo sin riesgos de desgaste (Snidermann, 2017).

A su vez, al exponerse al calor, oxígeno y partículas metálicas, el lubricante comienza a oxidarse. La oxidación crea polímeros y moléculas de aceite insoluble de alto peso molecular que incrementan la viscosidad, aceleran el desgaste de las piezas y dan origen a la formación de barniz. Éste último, también acelera el desgaste y genera daños a largo plazo en las piezas. La oxidación también provoca la formación de "lodo", un material insoluble en aceite generado a partir de los subproductos de la combustión. Éste se adhiere a las piezas y puede generar taponamientos y acumulaciones de material en la

maquinaria, generando desgaste y conduciendo a la falla. Es por esto que los aditivos antioxidantes son necesarios y se encuentran presentes en la mayoría de los aceites lubricantes. Asimismo, suelen combinarse con aditivos detergentes y dispersantes, que ayudan a mitigar la formación y depósitos de “lodo” (Snidermann, 2017).

El tipo de aditivo y la dosificación de cada uno quedarán sujetos a la aplicación que se le quiera dar al lubricante y las condiciones de operación (temperatura, presión de trabajo, materiales de las piezas, ambiente, etc). Lo que suele hacerse es combinar los aditivos en mezclas balanceadas para darle al lubricante las propiedades multifuncionales adecuadas en función de la protección que se necesite (Snidermann, 2017). Cada formulación produce una química compleja con interacciones sinérgicas o antagónicas, por lo que debe ser específicamente diseñada para cada aplicación.

Se presentan a continuación la Tabla I los aditivos más comúnmente utilizados en la industria, junto con su composición, aplicación y mecanismo de acción:

*Tabla I: Aditivos más comúnmente utilizados en los lubricantes, el objetivo de su uso, mecanismo de acción y composición. Adaptada de “Additives in lubricating oils” por D. Kopeliovich*

Aditivo	Objetivo	Mecanismo de Acción	Compuestos utilizados
<i>Anti-desgaste</i>	Prevenir el contacto directo de metal-metal entre las piezas cuando la película de aceite lubricante se descompone.	El aditivo reacciona con la superficie metálica formando una película que se desplaza sobre la superficie de fricción	Compuestos fosfatados como el Ditioposfato de Zinc, dialquiltiofosfato de Zinc o Triortocresilfosfato
<i>Anti-oxidantes</i>	Evitar la oxidación de los aceites, la cual produce formación de ácidos orgánicos que causan aumento de la viscosidad del aceite, formación de lodos y barnices, corrosión de piezas metálicas y formación de espuma.	Se oxida preferentemente el aditivo antes que el aceite.	Compuestos orgánicos con azufre, fosforo o nitrógeno como aminos orgánicos, sulfuros, hidroxisulfuros y fenoles. Pueden contener zinc o bario.

<i>Anti-corrosivos</i>	Disminuir la tasa de corrosión de las piezas deslizantes	Forman una película sobre la superficie de las piezas protegiéndolas del oxígeno, agua y sustancias reactivas. Impide la formación de cuerpos ácidos.	Ésteres con azufre activo, fósforo o nitrógeno, tales como sulfuros orgánicos, fosfitos, sales metálicas de ácido tío fosfórico y ceras sulfuradas.
<i>Detergentes</i>	Mantener las superficies deslizantes libres de deposiciones de lodos o barnices insolubles.	Neutralizan los ácidos fuertes presentes en el lubricante y eliminan los productos de neutralización de la superficie de metal. También forman una película en la superficie de la pieza.	Compuestos metalo-orgánicos tales como fosfatos, fenolatos, alcoholatos y sulfonatos. Jabones de alto peso molecular con magnesio, bario o estaño.
<i>Dispersantes</i>	Mantener las partículas extrañas en forma soluble, suspendida y dispersa en el aceite para evitar su deposición en las piezas.	Transforman las partículas a coloides a fin de que sea re suspendan en forma homogénea y uniforme en todo el aceite.	Compuestos metalo-orgánicos tales como naftenatos o sulfonatos. Sales orgánicas con metales como calcio, cobalto y estroncio.
<i>Agentes de presión extrema</i>	Evitar el desgaste causado por el contacto directo metal-metal de piezas sometidas a altas cargas de presión.	Forman un revestimiento en la superficie de la pieza para evitar el agarre o soldadura cuando se rompe la película de aceite lubricante.	Fosfato tricresil o Dialquilditiofosfato de zinc, Disulfuro de molibdeno, Parafinas cloradas, Grasas sulfuradas y Ésteres.
<i>Disminuidores del punto de congelación</i>	Disminuir el punto de fluidez del lubricante.	Inhibe la formación y la aglomeración de partículas de cera, que reducen la fluidez, manteniendo el lubricante en estado líquido aún en temperaturas bajas.	Fenoles condensados con cera clorinada. Polímeros de metacilato.

<p><i>Incrementadores de viscosidad</i></p>	<p>Reducir la razón de cambio de la viscosidad con la temperatura.</p>	<p>Los mejoradores del índice de viscosidad mantienen la viscosidad a niveles aceptables, que proporcionan una película de aceite estable incluso a aumento de las temperaturas</p> <p>Compuestos como olefinas polimerizadas o iso-olefina, polímeros de acrilato, Butilpolimeros, esteres de celulosa, caucho hidrogenado.</p>
<p><i>Inhibidores de espuma</i></p>	<p>Evitar la formación de espuma en el lubricante, la cual favorece la oxidación del aceite y disminuye su efecto de lubricación.</p>	<p>Modifican la tensión superficial y de interfase del líquido, haciendo más frágiles las burbujas e inestabilizado la espuma.</p> <p>Dimetilsiliconas (dimetilsiloxanos)</p>

## 3.2 Descripción de la industria

### 3.2.1 Actividad Industrial

La actividad económica de la fábrica pertenece a un proceso *downstream* de la industria del petróleo, cuya Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) pertenece a la “Fabricación de productos químicos n.c.p.” (nº 242909). La industria fue categorizada como de primera categoría, con 24,5 puntos, según los lineamientos establecidos por la ley provincial Nº 11459.

La empresa cuenta con un Sistema de Gestión Integrado (SGI) de Calidad y Ambiental, certificado bajo las normas ISO 9001 y 14001 respectivamente.

### 3.2.2 Historia

La fábrica comenzó como un emprendimiento familiar fundado en 1978 y dedicado a desarrollar, fabricar y comercializar aditivos para lubricantes y lubricantes especiales para satisfacer la demanda nacional. Con el pasar de los años, la empresa fue tomando cada vez más volumen, llegando a convertirse en representante de ventas y distribuidora oficial de lubricantes y aditivos de la marca Afton Chemical Corporation para Argentina y Chile, sin dejar de lado su producción original. Hoy en día empresa cuenta con más de 100 empleados y se encuentra certificada bajo las normas ISO 9001 y 14001.

### 3.2.3 Localización y Accesos

La empresa cuenta con una planta productiva en la Provincia de Buenos Aires ubicada en la localidad de Máximo Paz, partido de Cañuelas y oficinas comerciales ubicadas en Almagro, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

La Planta se encuentra a la vera de la Autopista Ezeiza-Cañuelas, más precisamente a unos 100 metros de la misma, sobre las calles Perito Moreno y Saavedra Lamas. Dicha ubicación dista a 43 km de la Ciudad de Buenos Aires, a 14km de la Ciudad de Ezeiza y 16km del centro de Cañuelas (Figura 1).

El principal medio de acceso a la planta desde la Ciudad de Buenos Aires es mediante la Autopista Richieri y la Autopista Ezeiza-Cañuelas, mientras que desde la Ciudad de Cañuelas se accede directamente tomando la segunda en dirección Este.

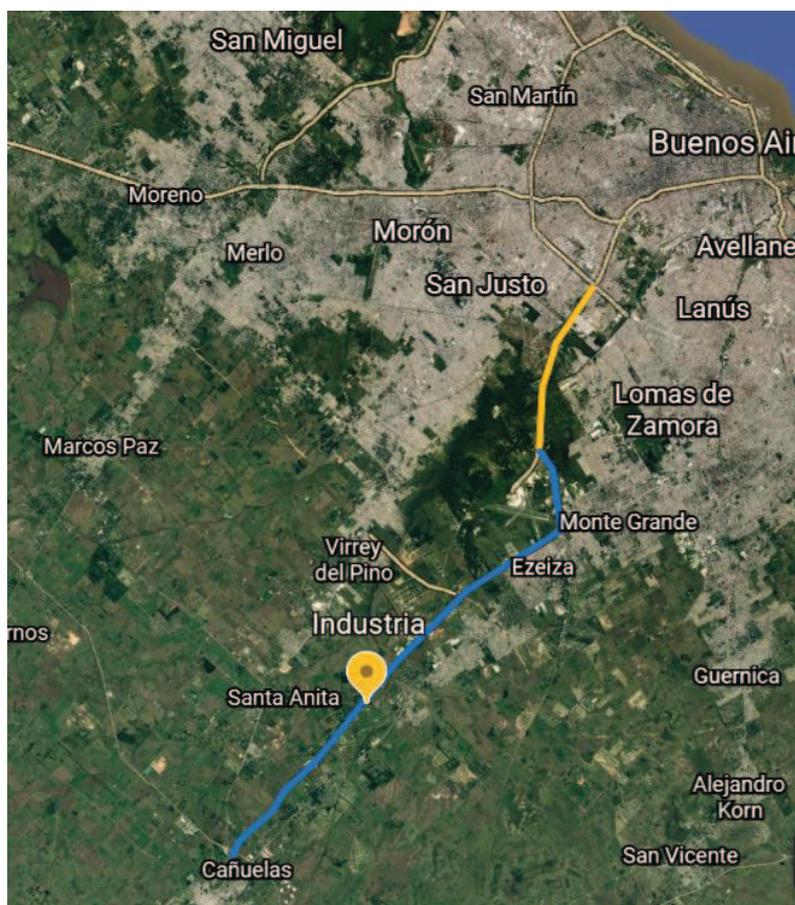


Figura 1. Medios de acceso a la industria. En amarillo Au. Richieri y en azul Au. Ezeiza-Cañuelas



Figura 2. Terreno de la industria.

### 3.2.4 Instalaciones

El terreno en el cual se emplaza la fábrica tiene una extensión total de 4,4 hectáreas y dimensiones de 215 m x 202 m (Figura 2). La superficie cubierta ocupa unas 0,25 hectáreas (2500 m<sup>2</sup>), distribuidos en 5 edificaciones principales (Figura 3).

- Planta productiva: cuenta con espacio suficiente para la correcta disposición de las unidades, tránsito de equipos de izaje y movimiento peatonal. También posee un sector administrativo, en donde se lleva a cabo el seguimiento de las cuestiones de calidad, ambiente y seguridad e higiene y un laboratorio, en donde se diseñan y desarrollan los productos.
- Galpón de depósito: Utilizado para almacenar la materia prima y los productos terminados.
- Comedor y cocina: Destinado al área de almuerzo y descanso de los colaboradores.
- Sanitarios: Distribuidos en las áreas de producción, comedor, galpón y dentro de la vivienda.
- Vivienda del fundador de la industria, quien actualmente habita allí.
- Antigua PTELI: poseía una superficie total de 1290 m<sup>2</sup>, hoy día despejada y apta para un nuevo uso.

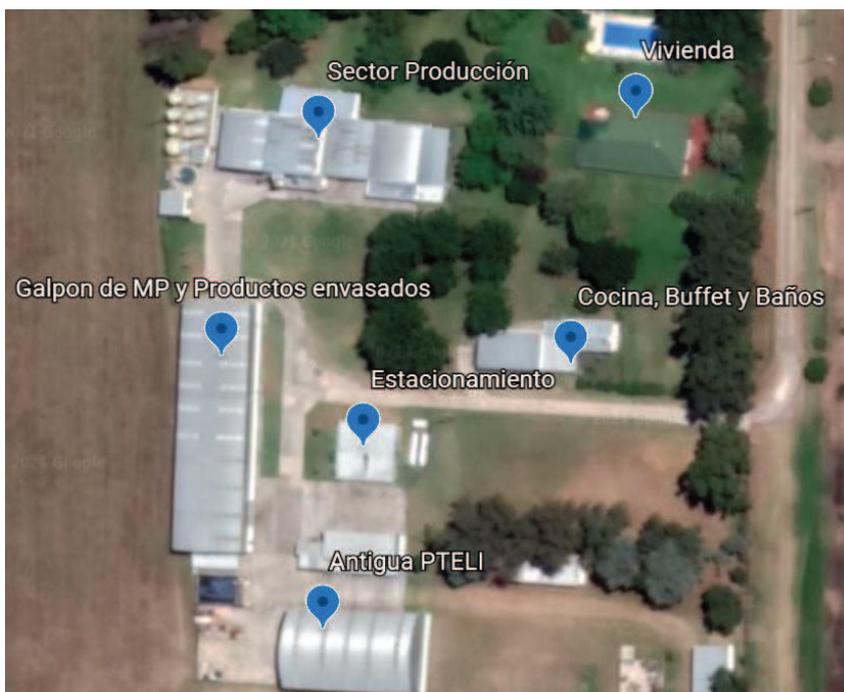


Figura 3. Identificación de la infraestructura.

### 3.2.5 Servicios

El único servicio que posee la planta es el de electricidad, provisto por la red urbana de Edesur. Adicionalmente, cuenta con una serie de grupos electrógenos para ocasiones de emergencia por cortes de suministro.

El abastecimiento hídrico es suministrado mediante el acuífero Puelches a través de un pozo de explotación privado y habilitado tanto para consumo humano como industrial.

El suministro de gas de la planta se lleva a cabo mediante garrafas industriales que alimentan la caldera del sector producción y los termotanques de la cocina y los baños.

El sistema de drenajes subterráneos comprende los siguientes subsistemas: Aguas de producción y drenajes domiciliarios. Las primeras son canalizadas por un sistema de cañerías independiente hacia el sector de tratamiento, que actualmente se encuentra dañado debido al incidente ocasionado a principios del presente año. Los efluentes domiciliarios (cocina y baños) convergen en un único volumen direccionado a una antigua fosa séptica de 200 m<sup>3</sup> de capacidad. Por los malos olores percibidos, se estima que tanto la fosa como el sistema de drenaje podrían estar dañados. A su vez, como se mencionó

anteriormente, la reducida capacidad del pozo trae grandes costos económicos por requerir del servicio de su vaciado de forma muy frecuente.

### **3.2.6 Producción**

Las actividades productivas llevadas a cabo por la industria pueden distinguirse en tres grupos:

1. Desarrollo, producción y comercialización de aditivos.
2. Elaboración de lubricantes especiales a pedido.
3. Importación y comercialización de aditivos para lubricantes de marcas líderes reconocidas a nivel mundial como Afton Chemical y Lubrizol.

La fábrica opera en un régimen de 16 horas diarias, distribuidas en 2 turnos de 8 horas. El diseño potencial de la planta está desarrollado para envasar 450 bidones de 20 litros, 1.100 recipientes de 5 litros y 1.200 recipientes de 3 litros por turno, lo que da un resultado de 36.200 litros por día de trabajo. Dicha cantidad equivale a una producción aproximada de 14.880.000 litros anuales.

La proyección de la industria es aumentar su producción un 30% en los próximos 20 años, por lo que alcanzaría una producción total anual de 19.344.000 litros.

### **3.2.7 Áreas funcionales**

La empresa se encuentra sectorizada en múltiples áreas funcionales, como se observa en la Figura 4. Cuenta con un total de 160 empleados fijos por contrato y 20 empleados tercerizados encargados del comedor, limpieza y jardinería.

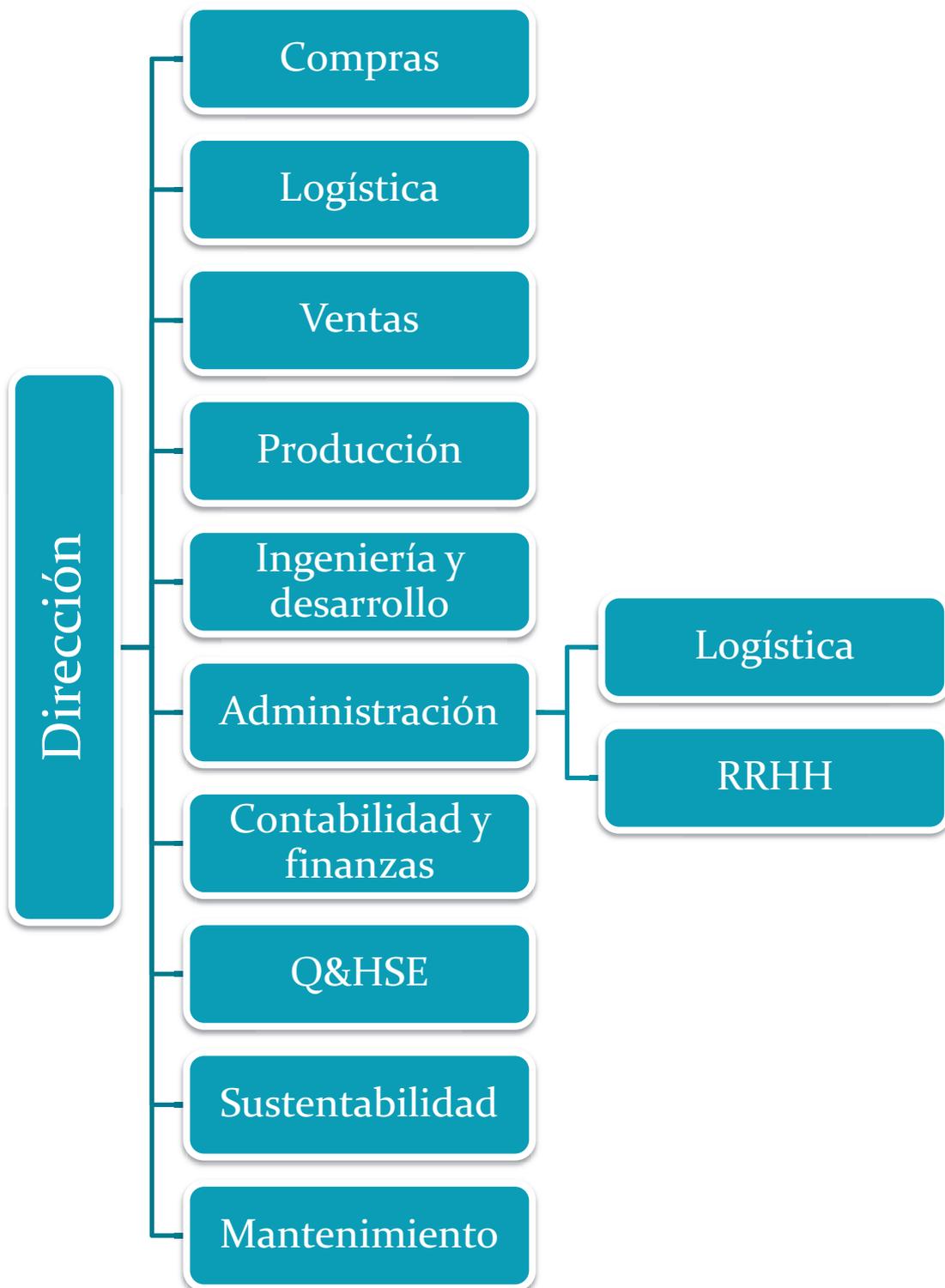


Figura 4. Áreas funcionales de la organización.

### 3.3 PROCESO PRODUCTIVO

La fábrica posee dos líneas de producción, una destinada a los aditivos y otra para los lubricantes. La totalidad de los procesos, operaciones y actividades son llevadas a cabo dentro del predio de la planta industrial.

#### **3.3.1 Proceso Productivo de los Aditivos**

Los aditivos fabricados son emulsionantes, anticorrosivos, mejoradores del índice de viscosidad, depresores del punto de fluidez, de antidesgaste y de extrema presión.

El proceso productivo puede definirse en los siguientes pasos, como puede visualizarse en la Figura 5:

1. Recepción y almacenamiento de la materia prima (Químicos)
2. Reacción química
3. Mezclado
4. Control de Calidad
5. Envasado
6. Almacenaje / despacho del producto terminado
7. Limpieza de instalaciones y unidades

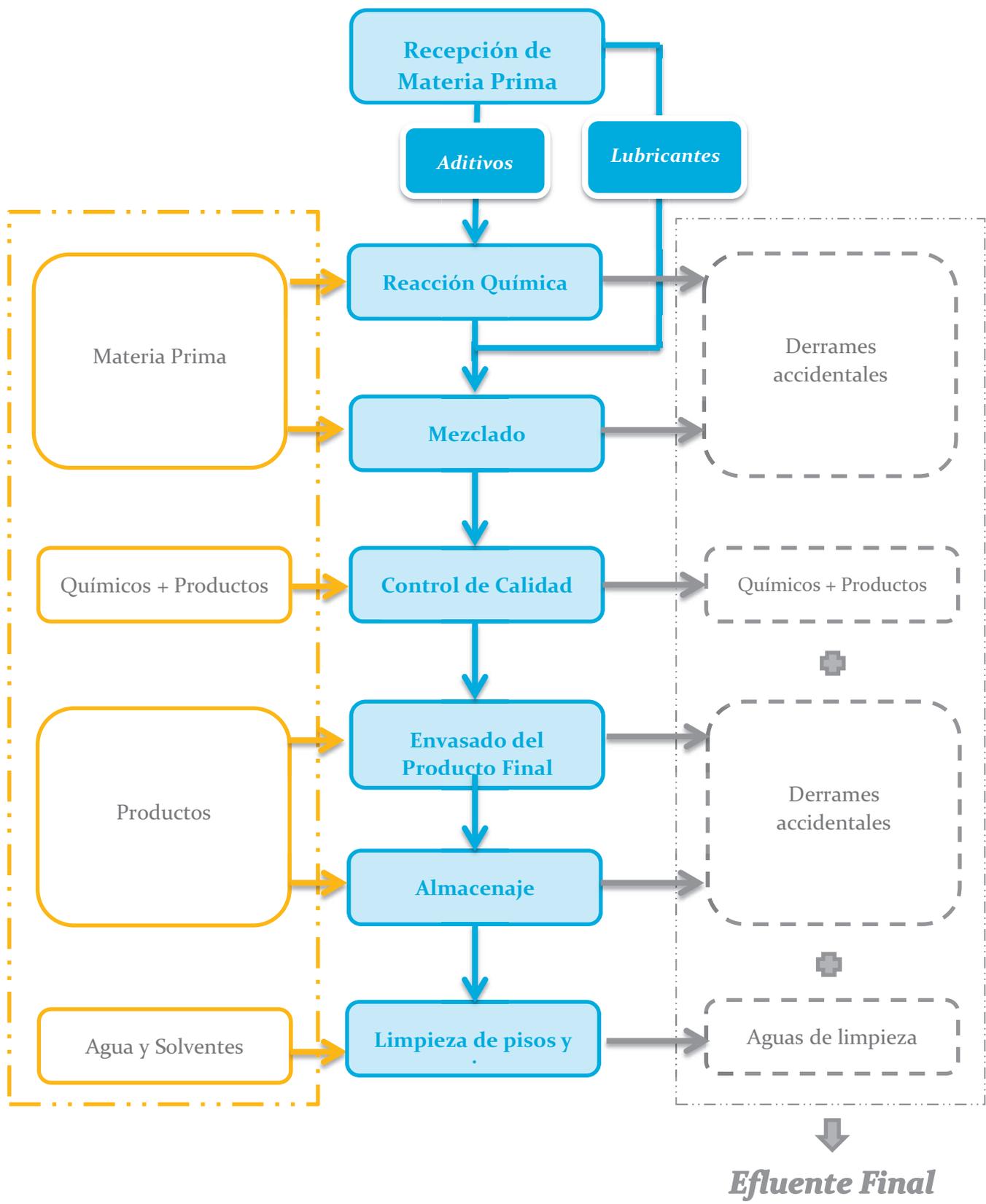


Figura 5. Proceso productivo de los aditivos y lubricantes

### *1. Recepción y almacenamiento de la materia prima*

Las principales materias primas requeridas para la elaboración de los aditivos son ), ésteres con variedad de grupos aminos, sulfuros y fosfatos, etanolaminas, ácidos orgánicos (ácido oleico, resino colofonia, ácido fumárico), solventes hidrocarbonados (aguarrás, aromático pesado), glicoles, alcoholes de alto peso molecular, sulfonatos de sodio, ácido bórico e hidróxido de potasio.

### *2. Reacción Química*

En los reactores se da lugar a la reacción química de los reactivos. Los mismos operan a presión atmosférica y llevan a cabo procesos unitarios de esterificación, amidación, reacciones por doble descomposición y reacciones por condensación, entre otras. De este modo se obtienen productos intermedios, los cuales son bombeados mediante bombas de desplazamiento positivo a los tanques de mezcla. La planta cuenta con tres reactores y en la Figura 6a se puede visualizar uno de ellos.

### *3. Mezclado*

En esta etapa se procesan los productos intermedios junto con otras materias primas. Se mezclan líquidos miscibles, se disuelven sólidos en líquidos o se dispersan partículas en un medio semi-sólido. Se lleva a cabo en tanques de agitación continua a presión atmosférica (Figura 6b). La temperatura de mezclado depende del producto, puede ser la del ambiente o controlada. En épocas invernales o en aquellos casos que el mezclado requiera una temperatura mayor a 25°C, se hace pasar vapor de agua a altas temperaturas mediante un serpentín que rodea la pared interna de los tanques. Dicho vapor es generado por una caldera externa.



(a)



(b)

Figuras 6. Tanque de reacción (a) y tanques mezcladores (b)

#### 4. Análisis de Calidad

Una vez culminada la etapa de mezclado, un dispositivo toma una muestra representativa del producto para analizar su calidad en el laboratorio. De cumplir con los estándares, el producto se bombea hasta las envasadoras de acción neumática.

#### 5. Envasado

Los productos finales son envasados mediante envasadoras automáticas en los contenedores correspondientes. El volumen del envase depende del tipo de producto y de la industria requirente.

#### 6. Almacenaje o despacho del producto terminado

Una vez envasados, los productos terminados se clasifican según los pedidos realizados: aquellos destinados a ser comercializados son empaquetados en pallets y almacenados, a la espera de su retiro por parte del cliente o empresa transportista. Los productos que se utilizarán para otros procesos de fabricación propia, como la producción de lubricantes especiales, se almacenan sin empaquetar.

### *7. Limpieza de instalaciones y unidades*

Al finalizar cada tanda de producción, se realiza una limpieza total del equipamiento, herramientas e instalaciones de la fábrica, a fin de deshacerse de los residuos, salpicaduras y derrames de reactivos, productos intermedios y productos finales que pudieran haber ocurrido. De esta forma, se evita la contaminación de la próxima tanda productos y se reduce el riesgo de incidentes por tratarse de residuos peligrosos.

### **3.3.2 Proceso Productivo de los lubricantes**

La cadena productiva de los lubricantes se resume en seis etapas (Figura 6):

1. Recepción y almacenaje de la materia prima (bases lubricantes)
2. Mezclado (base + aditivos)
3. Envasado
4. Análisis de calidad
5. Almacenaje / Despacho del producto terminado.
6. Limpieza de instalaciones y unidades.

#### *1. Recepción y almacenaje de la materia prima*

En este caso, la materia prima utilizada son bases lubricantes naturales o sintéticas y aditivos. Las primeras son obtenidas de diferentes proveedores nacionales, mientras que los segundos son de producción propia.

#### *2. Mezclado*

Para la elaboración de los lubricantes, se lleva a cabo directamente el mezclado de los reactivos, con proporción y condiciones físicas previamente definidas en función del producto deseado. También se utilizan tanques mezcladores a presión atmosférica.

El resto de las etapas (*3. Análisis de Calidad, 4. Envasado, 5. Almacenaje o despacho y 6. Limpieza*) se llevan a cabo del mismo modo que para el caso de los aditivos.

## 3.4 EFLUENTES LÍQUIDOS

### 3.4.1 Generación y características

Para determinar los puntos de generación y los tipos de efluentes de la industria, se realizó una visita presencial a la planta productora. Allí se identificaron todas las entradas, salidas y puntos de generación de efluentes tanto de los procesos productivos como las actividades humanas complementarias. Se detectaron dos líneas de efluentes: industrial y domiciliario, detalladas a continuación.

### 3.4.2 Efluente Industrial

El efluente industrial está compuesto principalmente por aguas de lavado de los tanques, utensilios industriales, materiales del laboratorio, maquinarias y del establecimiento productivo y por los derrames accidentales que puedan ocurrir. Como puede observarse en la figura 5, las fuentes de generación corresponden a materia prima, productos, químicos, agua y solventes de limpieza (químicos y agentes tensioactivos).

Los efluentes industriales son generados de forma discontinua, dada la naturaleza Batch de los procesos y conforme se desarrollan las actividades descritas. Como resultado, a lo largo de la jornada se obtienen caudales muy variables de aguas residuales que poseen diferente composición química y grado de biodegradabilidad, según el proceso que se haya llevado a cabo previamente. Los contaminantes mayoritarios son compuestos minerales hidrocarbonados de alto peso molecular (alcanos, alquenos, alquinos y aromáticos), compuestos orgánicos e inorgánicos fosfatados y azufrados, agentes tensioactivos biodegradables, y compuestos inorgánicos. En la Tabla VI del siguiente apartado pueden visualizarse las concentraciones de los principales contaminantes.

Según el informe entregado por el director de la industria, el caudal final promedio de generación medido por ellos previo al accidente fue 144 m<sup>3</sup>/día productivo. En relación con la producción actual (40 m<sup>3</sup> producto/día) da un índice de generación de efluente de 3,62 m<sup>3</sup> de efluente/m<sup>3</sup> de producto.

### 3.4.3 Efluentes Domiciliarios

Los efluentes domiciliarios son generados continuamente a lo largo del día y de forma muy variable, tanto en la fábrica como en la vivienda familiar. Proviene del uso de los sanitarios, las cocinas y la limpieza general de los establecimientos, como ilustra la figura 7. La totalidad de los mismos son acumulados en una fosa séptica antigua, de 200 m<sup>3</sup> de capacidad. Teniendo en cuenta que actualmente: hay 180 empleados, la dotación de agua es de 0,18 m<sup>3</sup>/persona/día y que se descarta el 80% del agua consumida, la generación actual aproximada de efluentes domiciliarios es de 26 m<sup>3</sup> por día productivo.

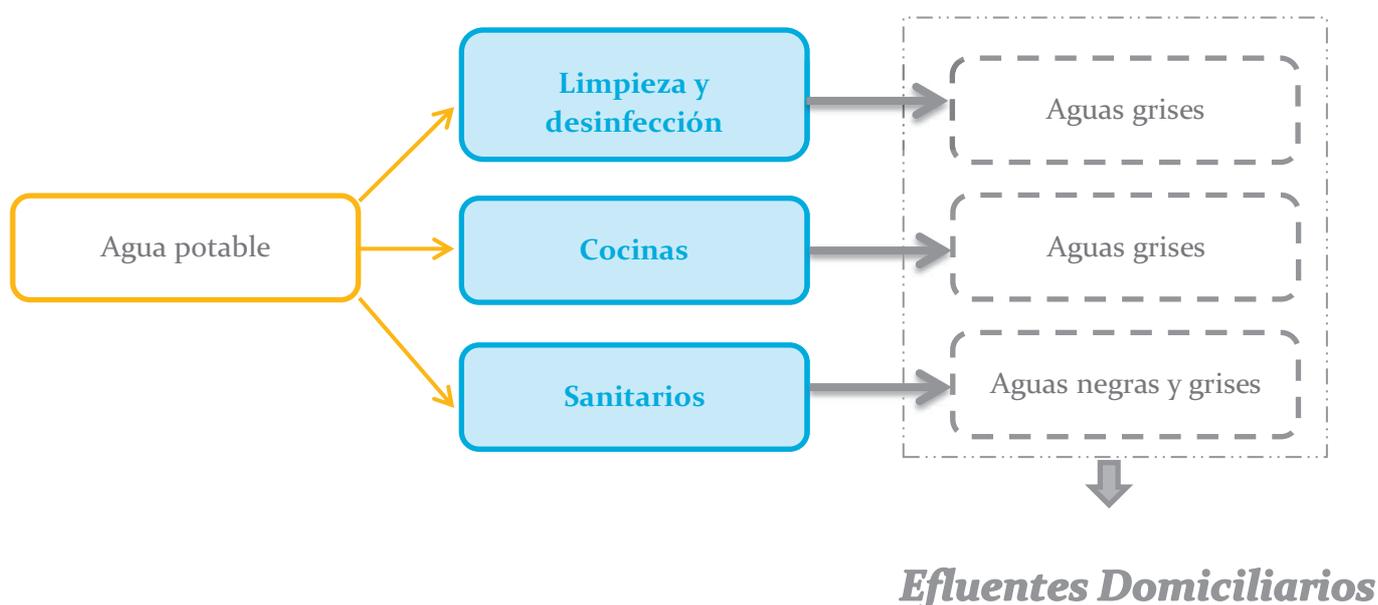


Figura 7. Diagrama del uso del agua y la generación de efluentes para las actividades de limpieza y uso de las cocinas y sanitarios.

A continuación, se especifica la generación de efluentes con respecto a cada actividad:

#### Sanitarios

La fábrica cuenta con 4 sanitarios en total, ubicados en el área de producción, en el comedor, en las oficinas y en el galpón, que son utilizados por los empleados a lo largo de los dos turnos de la jornada. En cuanto a la vivienda, cuenta con un solo sanitario y es utilizado por sólo dos personas. Los efluentes cloacales aportan altas concentraciones de materia orgánica, sólidos y microorganismos patógenos, provenientes de las heces.

### Comedor

El comedor en planta genera efluentes de forma continua que son producto de la cocción de los alimentos y de la limpieza de la vajilla y la cocina en general. Éstos se caracterizan por contener altas cantidades de materia orgánica disuelta, sólidos disueltos y en suspensión, grasas, aceites y tensioactivos.

### Limpieza

El servicio de limpieza se realiza diariamente a lo largo de todas las áreas de la fábrica, en las que se incluyen: comedor, oficinas, sanitarios, caminos exteriores y la vivienda particular. En cada turno, se realiza una limpieza general de todas las áreas y limpiezas adicionales en caso de que ocurran derrames accidentales. Como resultado, se generan efluentes con altos contenidos de cloruros, tensioactivos, amoníaco y sólidos.

#### 3.4.4 Cuerpo receptor

En el área del proyecto, existen dos alternativas de cuerpo receptor de los efluentes: El suelo del terreno y el zanjado que rodea al establecimiento. Debido a la gran superficie de terreno disponible y la lejanía de ubicación desde el desagüe de la planta hasta el zanjado pluvial (2,3 km), se seleccionó el suelo como la opción más adecuada (Figura 8).

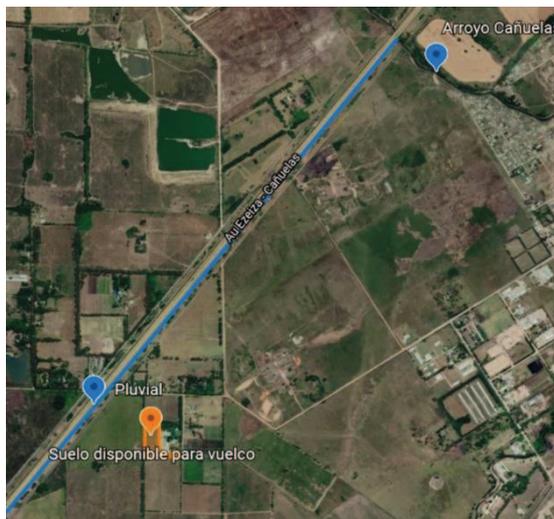


Figura 8. Alternativas del cuerpo receptor del efluente tratado

Para determinar la capacidad del suelo para absorber el efluente, se tuvo en cuenta que área mínima de infiltración de un suelo franco arenoso – franco arcilloso (como es el molisol, suelo predominante en el área) puede estimarse en  $10 \text{ m}^2/\text{m}^3$  de efluente volcado

por día (Allen, 2015). En base a ello, se calculó superficie de terreno requerida para el vuelco del efluente sin generar anegaciones en el mismo, obteniendo como resultado una superficie de 0,2 ha de terreno. Como el terreno disponible (no edificado ni arbolado) es de aproximadamente 2 hectáreas libres (Figura 9), se concluyó que este cuerpo receptor es apto para el vuelco. Por obvias razones, la PTELI propuesta en el presente proyecto permite dejar liberada dicha superficie requerida para el vuelco del efluente tratado, como se demostrará más adelante.

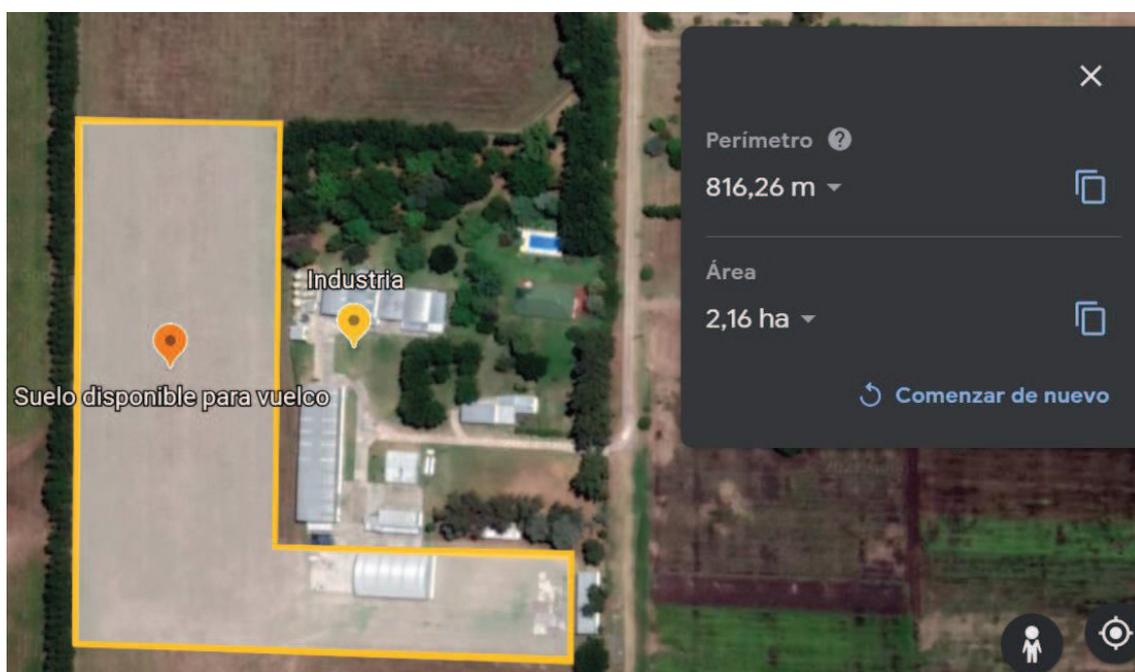


Figura 9. Representación del terreno libre no edificado ni arbolado.

### 3.5 RESIDUOS SÓLIDOS

Como resultado de su actividad, la industria genera residuos sólidos industriales y peligrosos. Los primeros se generan a diario y están conformados mayoritariamente por papel, cartón, plásticos y orgánicos, provenientes de residuos de baño, cocina, oficina y restos de embalajes. Éstos son almacenados en cestos en cada punto de generación y luego llevados a contenedores de mayor volumen a partir de los cuales una empresa contratada los retira y dispone en el CEAMSE.

Los residuos sólidos peligrosos se generan únicamente durante las etapas de mantenimiento de las unidades y maquinarias. Los mismos se componen de trapos y recipientes contaminados con restos de solventes, aceites, lubricantes y/o emulsiones. Se clasifican como Y6 (Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos) e Y9 (Mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua), según la ley nacional N° 24.051 y la ley provincial N° 11.720. Cuando son generados, se los acopia en contenedores aptos y rotulados, ubicados dentro de un recinto correctamente señalizado. Una vez que se acumula una cantidad que justifique su retiro, un transportista lo lleva hacia el operador que realiza su termodestrucción, para finalmente disponerlo en un relleno de seguridad. Todos los actores involucrados se encuentran habilitados, tal como lo exigen las normativas.

## CAPÍTULO 4: Marco Normativo

El proyecto de tratamiento de los efluentes líquidos industriales y domiciliarios generados en la fábrica cumple en todas sus instancias con la normativa supranacional, nacional, provincial y local pertinente. A continuación, se presenta en las tablas II, III, IV y V las normativas en las que se respalda el presente trabajo para llevar adelante el diseño y propuesta del proyecto de tratamiento de efluentes.

### 4.1 SUPRANACIONAL

La normativa supranacional hace referencia a convenios y acuerdos internacionales a los que la Republica Argentina ha adherido y con los que se compromete a cumplir. Se vuelve muy valioso tenerlos presentes a la hora de llevar adelante cualquier tipo de proyecto, ya que sirven de guía para establecer las políticas de acción y el modo de llevar adelante las diferentes actividades. A su vez, fijar los lineamientos de la toma de decisiones basándose en estos convenios refleja un compromiso extendido que excede las exigencias legales nacionales o provinciales.

Tabla II. Normativa Supranacional aplicable al proyecto

Norma	Año	Descripción
Ley 24.295	1993	<p><b>Ratificación de la Convención Marco sobre Cambio Climático</b></p> <p>Aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático adoptada en Nueva York el 09/05/02 y abierta a la firma en Río de Janeiro el 04/06/92. El objetivo es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el</p>

		desarrollo económico prosiga de manera sostenible.
Ley 24.375	1994	<p><b>Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Conservación de la Biodiversidad Biológica</b></p> <p>Aprueba el Convenio sobre la Diversidad Biológica, adoptado y abierto a la firma en Río de Janeiro el 05/06/92, cuyo objetivo es la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.</p>
Ley 25.438	2001	<p><b>Ratificación del Protocolo de Kyoto</b></p> <p>Aprueba el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adoptado en Kyoto el 11/12/97, en el cual las partes firmantes adoptan compromisos para a limitar y reducir las emisiones atmosféricas y promover el desarrollo sostenible.</p>
Ley 25.841	2003	<p><b>Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente MERCOSUR</b></p> <p>Compromiso a cumplir con los principios enunciados en la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992. Complementan el acuerdo normas aprobadas en el ámbito del Mercosur</p>
Ley de Acuíferos transfronterizos (CDI)	2008	Proyecto de artículos que sirven como pautas para los estados para la elaboración de tratados bilaterales o regionales, puestos en práctica en el

		<p>acuerdo sobre el acuífero Guaraní. Complementan: Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación (1997) y Convenio sobre la protección y utilización de los cursos de agua transfronterizos y de los lagos internacionales (1992).</p>
Ley 26.780	2012	<p><b>Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní</b></p> <p>Aprueba el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní celebrado entre la República Argentina, la República Federativa del Brasil, la República del Paraguay y la República Oriental del Uruguay.</p>
Dec. 499/17	2017	<p><b>Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible</b></p> <p>Establece al Concejo Nacional De Coordinación De Políticas Sociales de la Presidencia de la Nación como el organismo responsable de coordinar las acciones necesarias para la implementación de la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” aprobada por la Resolución N° 70/1 de la Asamblea General de las Naciones Unidas el 25/09/15. Invita a participar a las provincias, a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, a los municipios y a Organizaciones de la Sociedad Civil y del sector privado a cumplir con los compromisos internacionales asumidos.</p>

## 4.2 NACIONAL

La legislación nacional involucra tanto los artículos aplicables de la Constitución Nacional como todas aquellas leyes nacionales (a las que la Provincia de Buenos Aires le corresponde aplicar) dispuestas para la protección de los distintos factores ambientales como así también para la gestión de los residuos de cualquier tipo. Todas estas normativas

deben ser tenidas en cuenta a la hora de planificar, evaluar, desarrollar y finalizar el proyecto propuesto de manera obligatoria.

Tabla III. Normativa Nacional aplicable al proyecto

Norma	Año	Descripción
Constitución Nacional Art 41	1994	Derecho al goce de un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. Impone obligación de recomponer El daño ambiental generado.
Constitución Nacional Art. 43	1994	Dispone que la acción de amparo podrá ser ejercida en lo relativo a los derechos que protegen al ambiente
Constitución Nacional Art. 124	1994	Corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio.
Ley 22.421	1981	<b>Preservación y Defensa de la Fauna Silvestre.</b>  Declara de interés público a la fauna silvestre temporal o permanentemente que habita el Territorio de la República, así como su protección, conservación, propagación, repoblación y el aprovechamiento racional.
Ley 22.428	1981	<b>Fomento de la Conservación de Suelos</b>

		<p>Declara de interés general la acción privada y pública tendiente a la conservación y recuperación de la capacidad productiva de los suelos.</p>
Ley 24051	1992	<p><b>Residuos Peligrosos</b></p> <p>Dispone los lineamientos para generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos en la República Argentina.</p>
Res. 250/94	1994	<p>Clasifica las distintas categorías cuánticas de generadores de residuos peligrosos líquidos, gaseosos y mixtos.</p>
Res. 315/94	1994	<p>Establece un estándar de calidad para los vertidos líquidos directos a cuerpos de agua.</p>
Ley 25.675	2002	<p><b>Ley general del ambiente</b></p> <p>Ley de presupuestos mínimos para la gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica e implementación del desarrollo sustentable. Establece una política ambiental con principios y objetivos a cumplir de escala nacional y regional. Incluye los instrumentos de gestión. A su vez, establece un sistema federal de coordinación interjurisdiccional para la implementación de políticas instrumentado a través del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA).</p>

Ley 25.688	2002	<p><b>Régimen de Gestión Ambiental de las Aguas</b></p> <p>Establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. Determina los usos del agua e impone la designación de una autoridad de aplicación para la generación de comités de cuencas hídricas.</p>
Res 607/12		<p><b>Cámara de Toma de Muestras y Medición de Caudales</b></p> <p>Los establecimientos industriales y/o especiales deberán poseer una Cámara de Toma de Muestras y Medición de Caudales (CTMyMC), destinada al ejercicio de las funciones de fiscalización de la autoridad de aplicación, de acuerdo con las especificaciones enunciadas en los documentos que corren adjuntos como anexo.</p>

### 4.3 PROVINCIAL

La legislación provincial detallada a continuación involucra todas las autoridades, leyes y resoluciones sancionadas por la Provincia de Buenos Aires que deben ser cumplimentadas para poder iniciar el proyecto.

La autoridad de aplicación de la gestión del agua y vertidos de efluentes de la Provincia corresponde a la Autoridad del Agua (ADA), quién mediante al Resolución N°336/03 estableció los parámetros de vuelco máximos permisibles que deben ser respetados para obtener una habilitación de funcionamiento y vuelco (Tabla VI).

Tabla IV. Normativa Provincial aplicable al proyecto

<b>Norma</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
Constitución Provincial Art. 28	1994	Establece el derecho a gozar de un ambiente sano y el deber de conservarlo y protegerlo.
Ley 5.965	1958	<b>Ley de protección a las fuentes de provisión, cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera</b>  Prohíbe el envío de efluentes residuales sólidos, líquidos o gaseosos a la atmósfera, cursos o cuerpos de agua, superficial o subterráneo, que signifique una degradación del aire o de las aguas de la provincia, sin previo tratamiento de depuración o neutralización. Decreto reglamentario Decreto N° 3.395/96 Y 1074/18
Disp. 1592/94	1994	Por el Ministerio de Salud. Define al EIA como documento técnico que predice, identifica y describe los efectos previsibles que un proyecto producirá sobre los recursos ambientales. Incluye los aspectos mínimos que debe contener
Ley N° 11.720	1995	<b>Residuos Especiales</b>  Dispone la generación, manipulación almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales en

		el territorio de la Provincia de Buenos Aires. Decreto reglamentario N° 806/97
Ley N° 11.723	1995	<p><b>Ley Integral de Medioambiente y de Recursos Naturales</b></p> <p>Tiene por objeto la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires. Asimismo, obliga a presentar un EIA a todo titular de un proyecto que produzca o pueda producir algún efecto negativo al ambiente.</p>
Ley 12.257	1999	<p><b>Código de Aguas</b></p> <p>Establece el régimen de protección, conservación y manejo del recurso hídrico de la Provincia de Buenos Aires. Define a la Autoridad del Agua (ADA) como Autoridad de Aplicación. Decreto reglamentario: N° 429/2013. Modificaciones: Ley 14520</p>
Res. 336/03	2003	<p>Por ADA. Establece las ramas industriales sujetas a tratar sus efluentes caracterizándolas con un nivel de riesgo de 0 a 4. También fija los parámetros de vuelco admisibles.</p>
Ley 13.757	2007	<p><b>Ley de Ministerios</b></p> <p>Crea el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS), quien ejercerá la autoridad de aplicación en</p>

		materia ambiental en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires.
--	--	---

#### 4.4 Local

En lo que respecta a la normativa local, debe tenerse en cuenta las normas decretadas por la autoridad de aplicación de la CMR, ACUMAR. Ésta última es la autoridad de regulación y control de las actividades industriales con incidencia ambiental dentro de la misma y sanciona regulaciones y en la Resolución ACUMAR N°46/17, Anexo I, establece los límites máximos admisibles de vertido de efluentes líquidos industriales (Tabla VI). A continuación, se exponen las normativas que respaldan la creación y otorgamiento de la autoridad a ACUMAR.

Tabla V. Normativa Local aplicable al proyecto

Norma	Año	Descripción
Ley 26.168	2006	<p><b>Creación la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) como ente de derecho público interjurisdiccional.</b></p> <p>Le otorga competencia en el área de la Cuenca Matanza Riachuelo en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y los partidos de Lanús, Avellaneda, Lomas de Zamora, Esteban Echeverría, La Matanza, Ezeiza, Cañuelas, Almirante Brown, Morón, Merlo, Marcos Paz, Presidente Perón, San Vicente y General Las Heras, de la provincia de Buenos Aires.</p>
Res 46/17	2017	Establece los criterios para definir un Agente Contaminante. Determina la carga

		másica de contaminantes admitida para cada cuenca y sub-cuenca. Prohíbe la dilución de los parámetros de calidad del vertido de efluentes líquidos.
Res. 283/19	2019	Por ACUMAR. Modifica la N° 46/2017. Define los establecimientos afectados por la norma e incluye los límites de vertido de efluentes líquidos, los límites de carga másica de los contaminantes y las características y valores de parámetros asociados a los usos / objetivos de calidad.

Como conclusión, y para dar un punto de partida en la formulación de las alternativas de tratamiento, se confeccionó la Tabla VI, en la que se comparan las concentraciones de los componentes del efluente a tratar y las concentraciones de vuelco máximas permisibles establecidas por las autoridades de aplicación. De esta manera, es posible visualizar rápidamente los parámetros que exceden los rangos permitidos, permitiendo establecer objetivos claros y estrategias adecuadas para el tratamiento requerido.

En la Tabla VI expuesta a continuación, se comparan las magnitudes medias de los parámetros contaminantes de los efluentes de la industria versus los límites máximos establecidos según la Ley 12257, la Ley 5965 y las resoluciones dictadas por autoridades de aplicación correspondientes (ADA, Acumar y OPDS).

Tabla VI: Parámetros actuales de los efluentes industriales y domiciliarios contrastados con los límites permitidos de vuelco según la Resolución 336-03 de ADA y 283-19 de ACUMAR para vuelco a suelo. Se observan en rojo los que se encuentran fuera del límite máximo permisible de vuelco

Parámetro	Efluente Industrial	Efluente Domiciliario	Límites máximos de vuelco permitidos para vuelco a Suelo	
			Res 336-03 ADA	Res 283-19 ACUMAR.
Caudal (m3/h)	9,06*	1,08**	-	-
DQO (mg O2/l)	13100	500	≤ 500	
DBO5 (mg O2/l)	6157	300	≤ 200	
SS 10` (mg/l)	0,1	No Establecido	Ausente	≤ 0,1
SS 2h (mg/l)	0,1	10	≤ 5,0	
SST (mg/l)	200	350	No establecido	
HCT (mg/l)	2850	-	Ausente	
SAAM(mg/l)	70	45	≤ 2,0	
SSEE (mg/l)	3000	250	≤ 50,0	
Fenoles (mg/l)	30	0,01	≤ 0,1	≤ 0,1
pH	7,3	6,8	6,5 - 10	6,5 - 9,0

\*Dato brindado por la industria. Corresponde al promedio de los caudales generados durante las horas operativas. (Ver “3.4.2 Efluentes Industriales”)

\*\*Dato estimado a partir de la declaración de la industria sobre el vaciado semanal de la fosa séptica de 200 m<sup>3</sup> de capacidad (Ver "3.4.3 Efluentes Domiciliarios")

Como es posible observar, la mayoría de los contaminantes superan la concentración máxima permisible, por lo cual se evidencia la necesidad de un tratamiento específico para la reducción y/o eliminación de la concentración de los mismos; siendo la DBQ, DQO, HCT, Fenoles y SSEE los más críticos.

# CAPÍTULO 5: Análisis de efluentes y formulación de alternativas

## 5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

En el presente capítulo se expone el análisis descriptivo de la composición de cada efluente y se las alternativas propuestas para el tratamiento de los mismos.

El análisis descriptivo fue elaborado a partir de la interpretación de los procesos productivos y del informe de caracterización de efluentes entregado por la misma industria, cuya información se volcó en la Tabla VI. La formulación de las alternativas, por su parte, se obtuvo como resultado de una investigación bibliográfica técnica-científica, como se ha mencionado en el marco metodológico.

Tanto el grado y la especificidad del tratamiento como el tipo de procesos involucrados fueron diagramados como resultado de un análisis de las características particulares de cada efluente, las regulaciones establecidas por las autoridades competentes y la necesidad de prevenir potenciales daños al medio ambiente circundante. A raíz de la multiplicidad de tecnologías existentes normalmente utilizadas en tratamiento de efluentes, se formularon distintas alternativas potencialmente viables para el presente caso en cuestión, teniendo en cuenta tanto los efluentes industriales como los domiciliarios.

## 5.2 ANÁLISIS DE LOS EFLUENTES

Para definir los procesos y las tecnologías apropiadas para cada tratamiento, se vuelve estrictamente necesario analizar las características biológicas y físico-químicas de cada efluente y sus contaminantes más críticos. Para ello, se cuenta con la información brindada por la industria, obtenida a partir de sus propias mediciones y de informes técnicos provistos por las autoridades de aplicación durante las inspecciones periódicas realizadas.

Dentro de los contaminantes más importantes en los efluentes de las industrias de lubricantes se destacan las sustancias solubles en éter etílico (SSEE), hidrocarburos totales, DQO y DBO (Ver Tabla VI). A partir de la concentración y naturaleza de estos contaminantes, es posible obtener información acerca de la toxicidad y la biodegradabilidad de cada

efluente, características definitorias para la selección de los diferentes procesos del tratamiento.

### *DBO, DQO y biodegradabilidad*

Las altas cargas de DBO y DQO del efluente industrial provienen de los restos de materias primas, productos intermedios y productos finales que son arrastrados con los lavados de los tanques al finalizar cada tanda de producción. Dentro de esta clasificación, se incluyen todas las sustancias susceptibles de ser oxidadas química (DQO) y biológicamente (DBO).

Para el caso del efluente domiciliario, los valores de DQO y DBO se encuentran dentro del rango típico de efluentes urbanos, según Metcalf & Eddy (2003). Estas concentraciones se deben a la presencia de materia orgánica proveniente de las descargas cloacales, aguas de cocción, restos de alimentos, detergentes, etc.

Uno de los primeros parámetros que debe analizarse es el índice de biodegradabilidad. Éste da indicio de cuán efectiva pueda llegar a ser la inclusión de una degradación biológica en el tratamiento y, en tal caso, el grado del pretratamiento y tratamiento primario requeridos para que el mismo sea factible. Dicho índice está definido por la relación entre DBO/DQO, caracterizando a un efluente como fácilmente biodegradable si este valor se encuentra por arriba de 0,5 y no biodegradable por debajo de 0,2 (Sainz Sastre, 2005) . Para el caso del efluente industrial, se tiene un índice de DBO/DQO igual a 0,31 encontrándose al límite de la biodegradabilidad. Esto implica que, para que sea conveniente la inclusión de un tratamiento biológico, es necesario incluir procesos de pretratamiento y tratamiento primario muy específicos que logren disminuir la concentración de componentes tóxicos e inhibitorios (o no biodegradables) y elevar la biodegradabilidad del efluente. En cuanto al efluente domiciliario, el índice da un valor de 0,6, lo que lo cataloga como biodegradable y no requiere de un tratamiento previo tan extensivo.

### *SAAM*

Como se mencionó anteriormente, la industria emplea gran cantidad de tensioactivos durante la limpieza de los tanques de reacción y almacenamiento con el objetivo de incrementar la solubilidad de los hidrocarburos no miscibles con agua y así lograr removerlos de las superficies requeridas. Sin embargo, al tratarse de tensioactivos biodegradables, su presencia es sí misma no es crítica para el tratamiento secundario, ya

que se encuentran conformados por estructuras biodisponibles y fácilmente metabolizables por los microorganismos como como péptidos, glicolípidos, glicopéptidos, ácidos grasos y fosfolípidos (Jimenez Islas, Medina Moreno, & Gracida Rodriguez, 2009) Sin embargo, su alta concentración favorece la solubilidad y emulsión de las grasas y aceites en la fase acuosa, complejizando su remoción y el rendimiento de los procesos subsiguientes.

Por el contrario, el efluente domiciliario contiene tensioactivos no biodegradables, pero la concentración de los mismos se encuentra dentro de los valores esperados, ya que debe únicamente al uso del detergente y jabón en la cocina y los baños, por lo que no implica grandes complicaciones en los procesos de tratamiento.

### *SSEE*

El éter etílico (o dietil éter) es un disolvente orgánico usual utilizado para extraer sustancias no polares o ligeramente polares. Por lo tanto, Las Sustancias Solubles en Éter Etílico (SSEE) presentes en el efluente industrial son los aceites minerales, aditivos y solventes hidrocarbonados. Los primeros se encuentran conformados por alcanos, alquenos y alquinos de alto peso molecular, hidrocarburos policíclicos, aromáticos, organoazufrados y organofosfatados y halogenuros de alquilo. Los aditivos contienen también compuestos hidrocarbonados, ésteres y alcoholes de alto peso molecular, glicoles y ácidos orgánicos. Finalmente, dentro de los solventes es posible encontrar parafinas e hidrocarburos aromáticos.

Los SSEE son contaminantes críticos y su remoción es uno de los desafíos más difíciles que conlleva el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria de lubricantes y aditivos (Santo et al., 2012). El mayor porcentaje de éstos proviene del lavado de los tanques de reacción y mezcla y de la limpieza de derrames accidentales. Estos compuestos son altamente tóxicos para los microorganismos involucrados en los tratamientos secundarios convencionales, por lo que requieren de un tratamiento primario muy completo para lograr una buena remoción posterior de los mismos.

En cambio, las SSEE presentes en el efluente domiciliario tienen origen vegetal y animal (triglicéridos), provenientes de los restos de las aguas de cocción de los alimentos en la cocina. Dichas concentraciones se encuentran dentro de los valores estipulados por bibliografía, por lo cual un tratamiento primario convencional es suficiente para obtener una remoción satisfactoria de los mismos.

En ambos efluentes, gran parte de la concentración de las grasas y aceites suele encontrarse en emulsiones debido a la presencia de tensioactivos y material particulado adherido a las gotas de grasas y aceites (Santo et al., 2012). Para el efluente domiciliario, dicha condición no implica grandes complicaciones por la baja concentración en la que se encuentran, pero en el caso del efluente industrial, esto dificulta ampliamente su biodegradabilidad. Es así que para este último se vuelve necesaria una instancia de desestabilización de la emulsión dentro del tratamiento primario. Asimismo, también es posible encontrar altas concentraciones de grasas y aceites de forma libre y disuelta, por lo que también deben tenerse en cuenta la implementación de operaciones unitarias específicas para la remoción de dichas fases.

### *Conclusión*

Como conclusión, debido al nivel de carga orgánica expresada como DBO y DQO en ambos efluentes, los índices de biodegradabilidad de cada uno y la alta concentración de surfactantes y SSEE presente en el efluente industrial, se adoptaron los siguientes criterios para la elaboración del diseño del tratamiento:

1. Se requiere de operaciones unitarias específicas para la separación y remoción de aceites en el efluente industrial.
2. La elevada concentración de hidrocarburos totales requiere especial atención en el efluente industrial, siendo necesario la inclusión de un tratamiento terciario de pulido para cumplir con la normativa de vuelco a suelo.
3. Se debe tener en cuenta la liberación de hidrocarburos volátiles al ambiente a la hora de la selección de las unidades.
4. Debido a los índices de biodegradabilidad, el tratamiento biológico se considera una factible para ambos efluentes.
5. Se recomienda establecer un control de la concentración de tensoactivos aportados al agua residual, priorizando la limpieza en seco, agua a alta presión o vapor para la limpieza de los tanques (Barthe, Chaugny, & Roudier, 2015).

## 5.3 CONSIDERACIONES PREVIAS A LA FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS

Previo a la formulación de las alternativas de tratamiento, han de considerarse las siguientes técnicas administrativas para disminuir la cantidad y mejorar la calidad del

efluente crudo y así acrecentar el desempeño y eficiencia de cada etapa del tratamiento precedente. A continuación, se enlistan las acciones y actividades recomendadas:

- Implementar políticas y programar capacitaciones para incentivar el cuidado y uso racional del recurso hídrico durante todos las actividades y procesos.
- Considerar un plan de optimización del uso del agua durante el proceso y/o limpieza de los equipos. El mismo debe incluir todas las actividades y procesos que involucren su uso junto con los métodos estipulados para optimizar el uso del recurso.
- Reducir al máximo las pérdidas de efluentes por roturas de caños o juntas, estableciendo un plan de mantenimiento adecuado y suficiente.
- Detectar la red de alcantarillado y, de ser necesario, rediseñar la misma para garantizar la recolección y traslado de cada línea de efluente al sector de la planta correspondiente (Incluidas las aguas de tormenta del patio anexo al galpón de producción, ya que, eventualmente, pueden arrastrar contaminantes provenientes de posibles derrames industriales)

## 5.4 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Como se ha descrito a lo largo del informe, las aguas residuales provenientes de las industrias *downstream* del petróleo se caracterizan por tener un alto grado de concentración de hidrocarburos totales, compuestos azufrados, compuestos fosfatados, DQO y DBO como puede observarse en la tabla VI del Capítulo 2, uno de los desafíos más críticos en el tratamiento de dichos efluentes es la remoción del contenido de aceites minerales. Esto se debe a que en gran parte se encuentran formando emulsiones, que a menudo son muy estables por a la presencia de materiales tensioactivos solubles y partículas minerales finas, que se adhieren a las gotas de aceite (Santo, Vilar, Botelho, Eva Kumar, & Boaventura, 2012)

Es por ello que las plantas de tratamiento de aguas residuales que suelen implementarse en este tipo de industrias requieren de varias instancias de tratamiento, a saber: Pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o de “pulido”.

El pretratamiento no es considerado una etapa del tratamiento específico del efluente, ya que involucra procesos universales de adecuación del mismo para ser introducido a la planta de tratamiento, como el desbaste o la homogeneización de caudales.

Dentro del tratamiento primario específico para esta clase de efluentes se incluyen procesos físico-químicos destinados principalmente para reducir la mayor concentración de aceites y grasas posible. Se distinguen dos etapas de separación de aceite y agua: una separación primaria (Física) y una separación secundaria (físico-química). Para llevar a cabo la primera, se suele recurrir a separadores físicos de aceite y agua, como lo son el Separador API (American Petroleum Institute), separador de placas coalescentes (CPI) o hidrociclones, entre otros. Para la segunda instancia, se recurre a procesos combinados de coagulación, floculación y flotación. Las tecnologías más utilizadas para éste último son la Flotación por Aire Disuelto (DAF), la Flotación por Aire Inducido (IAF), la Flotación por Gas Disuelto (DGF) y la Flotación por Gas Inducido (IGF) (Jafarinejad & Jianja, 2019).

Según Jafarinejad (2019), estudios desarrollados han reportado altas eficiencias de remoción de hidrocarburos libres y emulsionados ante la combinación de los procesos de coagulación-floculación químicas con la posterior aplicación de la tecnología DAF. Además, ésta última ofrece grandes ventajas en cuanto a la rápida operación, poco espacio requerido, flexibilidad de operación y bajos costos operativos.

En el tratamiento secundario, se recurre a la acción de la actividad microbiológica para la degradación de altas concentraciones de materia orgánica. En esta instancia, el aceite libre y emulsionado se encuentra en bajas concentraciones, permaneciendo mayormente el aceite disuelto. Dependiendo del tipo de tratamiento biológico (aeróbico, anaeróbico o facultativo), el aceite disuelto y la materia orgánica son oxidados a productos simples como dióxido de carbono, agua y/o metano, según el caso.

El tratamiento biológico implementado puede emplear diversas tecnologías. Dentro de los procesos de biomasa suspendida, se destacan los Lodos Activos (ASP o *activated sludge process*), el Tratamiento con carbón Activado (PACT o *powdered activated carbon treatment process*), los Reactores Batch Secuenciales (SBRs o *sequencing batch reactors*) o los reactores de membrana (MBRs o *membrane bioreactors*). El tratamiento natural mediante lagunas aireadas también ha demostrado ser eficiente en la remoción de materia orgánica, grasas y aceites de origen mineral (Jafarinejad & Jianja, 2019).

Los procesos de biomasa adherida también son bastante utilizados, tales como Lechos Percoladores (*TF* o *Trickling Filters*), Manto de Lodos (FBB o *Fluidized bed Biorreactor*) y Reactor rotatorio (RBC o *rotating biological contactor*).

El consorcio de microorganismos utilizados en esta instancia también puede considerarse como una aplicación tecnológica para el caso, ya que en el mercado es posible adquirir grupos de microbiota particulares para degradar sustratos específicos (hidrocarburos en este caso) (Jafarinejad & Jianja, 2019).

Finalmente, el tratamiento terciario del efluente involucra procesos de filtración mediante arena, carbon activado o procesos de oxidación química. Más recientemente se han comenzado a implementar la ultrafiltración y la osmosis inversa para mejorar la calidad del efluente para habilitarlo para reutilización. Otras tecnologías muy utilizadas a pequeña escala son el intercambio iónico, electrodiálisis y electrodiálisis reversa.

Los procesos de oxidación avanzada (AoPs o *Advanced oxidation processes*) utilizando peróxido de hidrogeno y luz ultravioleta, ozonización, fenton y foto-fenton, fotocatalisis heterogénea, oxidación electroquímica, oxidación con aire húmedo y oxidación supercrítica también se están utilizando para remover compuestos químicos recalcitrantes, para promover la descarga o reutilización de efluentes (Jafarinejad & Jianga, *Current technologies and future directions for treating petroleum refineries and petrochemical plants (PRPP) wastewaters*, 2019).

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, se ha decidido que las alternativas de tratamiento de la presente propuesta tienen que ver con la tecnología de tratamiento secundario involucrada en cada una. A partir de las mismas, se formularon 3 posibles escenarios de tratamiento, que fueron posteriormente evaluados mediante un análisis comparativo basado en criterios específicos, a fin de seleccionar el más conveniente.

Las etapas de pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento terciario se mantienen constantes en todas las alternativas, pero distinguidas para cada línea de efluentes, como puede observarse en las Figuras 10, 11 y 12.

En función de la naturaleza y los contaminantes presentes en las aguas residuales y las regulaciones de vuelco establecidas para la absorción por suelo, se seleccionaron tres posibles tratamientos biológicos potencialmente viables, enumerados a continuación:

- **Alternativa 1:** Sistema en serie de Lecho Percolador y Lodos Activos (Figura 10).

- **Alternativa 2:** Sistema de Lodos Activos con tecnología PACT y proceso WAR (Figura 11).
- **Alternativa 3:** Sistema de Lagunas artificiales (Figura 12).

## ALTERNATIVA 1

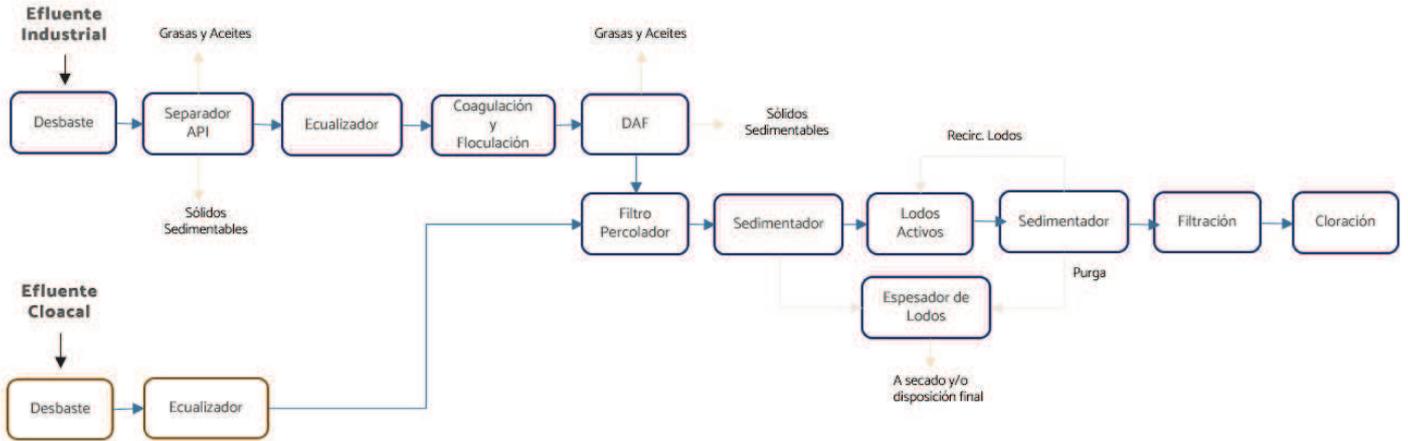


Figura 10. Proceso de tratamiento propuesto como Alternativa 1. Elaboración Propia.

## ALTERNATIVA 2

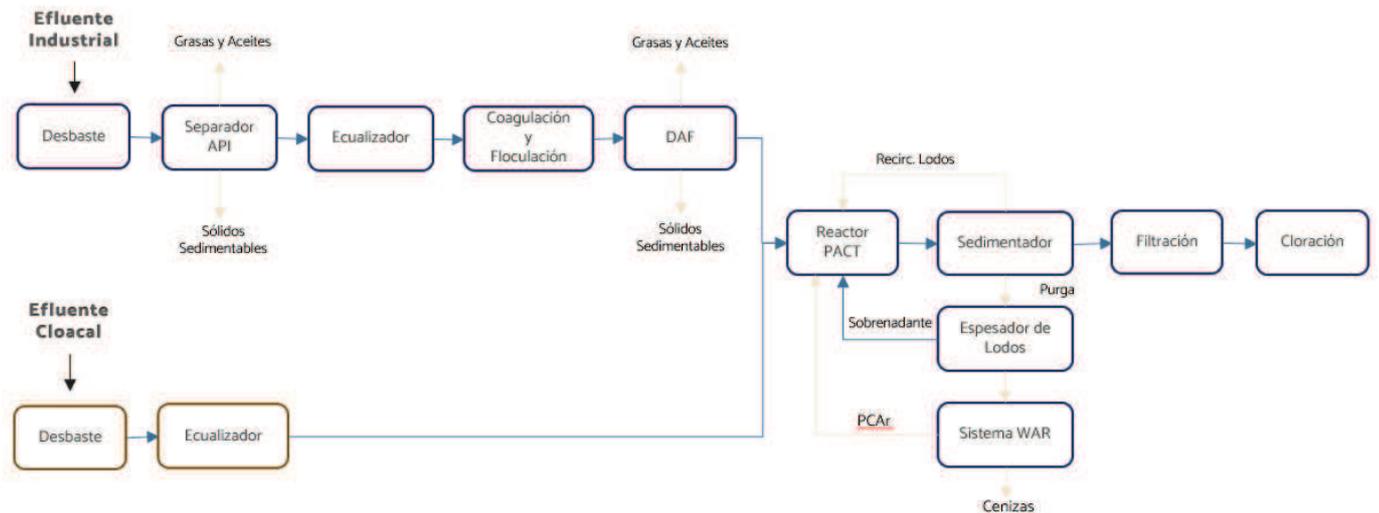


Figura 11. Proceso de tratamiento propuesto como Alternativa 2. Elaboración Propia.

## ALTERNATIVA 3

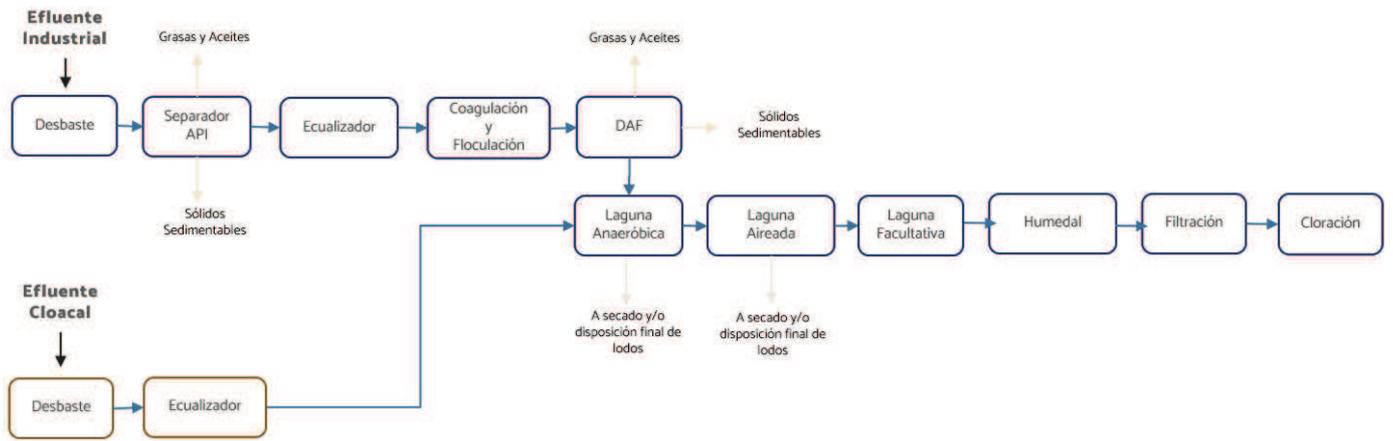


Figura 12. Proceso de tratamiento propuesto como Alternativa 3. Elaboración Propia.

## CAPÍTULO 6: Descripción de alternativas

En los apartados a continuación se procede a detallar en profundidad las unidades y procesos involucrados en cada etapa de tratamiento de cada alternativa propuesta. Para facilitar la comprensión, se realizará una descripción de cada etapa de tratamiento haciendo distinción de las variantes introducidas por cada línea de efluentes y por cada alternativa.

### 6.1 PRE- TRATAMIENTO

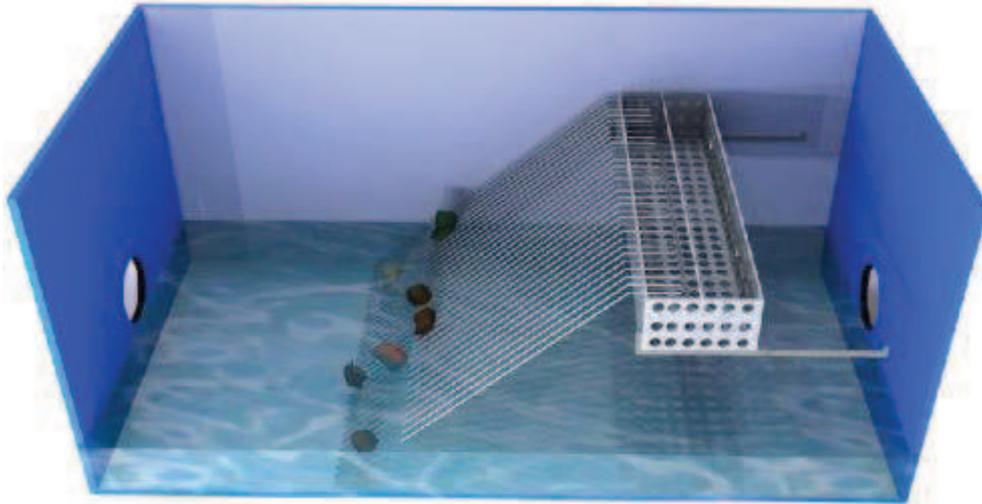
La primera etapa de tratamiento trata de una instancia de acondicionamiento y estabilización del efluente crudo, cuyo objetivo principal es remover todos aquellos constituyentes que puedan causar problemas de atascamiento, mal funcionamiento o deterioro temprano de las unidades (Sainz Sastre, 2005). Involucra procesos físicos mediante los cuales se busca separar los sólidos gruesos flotantes y sedimentables y homogeneizar el caudal y la composición de los efluentes.

Como se ha desarrollado en párrafos anteriores, las necesidades de pretratamiento de cada efluente difieren entre sí, y el criterio seleccionado para el diseño de esta etapa se basó en el contenido de grasas, aceites e hidrocarburos totales de petróleo de cada efluente. El efluente industrial posee una concentración mensurablemente superior de SSEE (por la presencia de aceite mineral) que el efluente domiciliario, que sólo contiene grasas y aceites de origen vegetal (Tabla VI.). Es por lo anteriormente mencionado que no se creyó adecuado la unión de ambas líneas en una primera instancia, ya que se estaría contaminando el caudal del efluente domiciliario con una mayor carga de SSEE, lo que complejizaría el pretratamiento del mismo y aumentaría el volumen de la unidad encargada de ello. Por esta razón, el efluente industrial y el efluente domiciliario se deben pre-tratar paralelamente, mediante diferentes operaciones unitarias.

#### **6.1.1 Desbaste efluente industrial**

El desbaste es la primera operación a la que debe ser sometido cualquier efluente que ingresa a una planta de tratamiento, consistente en la eliminación de todos aquellos sólidos voluminosos que podrían haber sido arrastrados por el agua residual a través de la red de cañerías colectoras (Sainz Sastre, 2005). El objeto principal es evitar daños, deposiciones u obstrucciones de las maquinarias o afectar gravemente las eficiencias de los procesos subsiguientes.

La totalidad de los efluentes generados por la fábrica son colectados mediante una red de cañerías subterráneas, a las que ingresan a través de las rejillas distribuidas por todo el sector de producción. Por esta razón, se propone un sistema de rejas finas paralelas de limpieza manual, capaces de retener cualquier sólido pequeño que haya podido atravesar las rejillas.



*Figura 13.* Sistema de desbaste de limpieza manual

### **6.1.2 Separación de aceites y grasas efluente industrial**

El propósito de esta etapa es la separación y extracción de la mayor parte de las grasas y aceites minerales insolubles y, eventualmente, los sólidos sedimentables presentes en el efluente industrial (Barthe, Chaugny, & Roudier, 2015). Para ello, se instalará un separador API, cuyo principio de separación se basa en la diferencia de pesos específicos entre las fases constituyentes del agua residual (Figura 15). Consiste en un tanque de sección rectangular diseñado para operar bajo régimen de flujo laminar y con un tiempo de retención tal que permite que las gotas oleosas de radio mayor a 150 micrómetros alcancen la superficie y puedan ser removidas (Sainz Sastre, 2005). Cuenta con un sistema de brazos barreadores que cumplen una doble función: (1) arrastrar el barro flotante hacia un sistema desnatador y (2) arrastrar los sólidos decantados hacia el extremo opuesto, de donde luego son extraídos por bombeo y enviados a tratamiento y/o disposición final de fangos (Sainz Sastre, 2005).

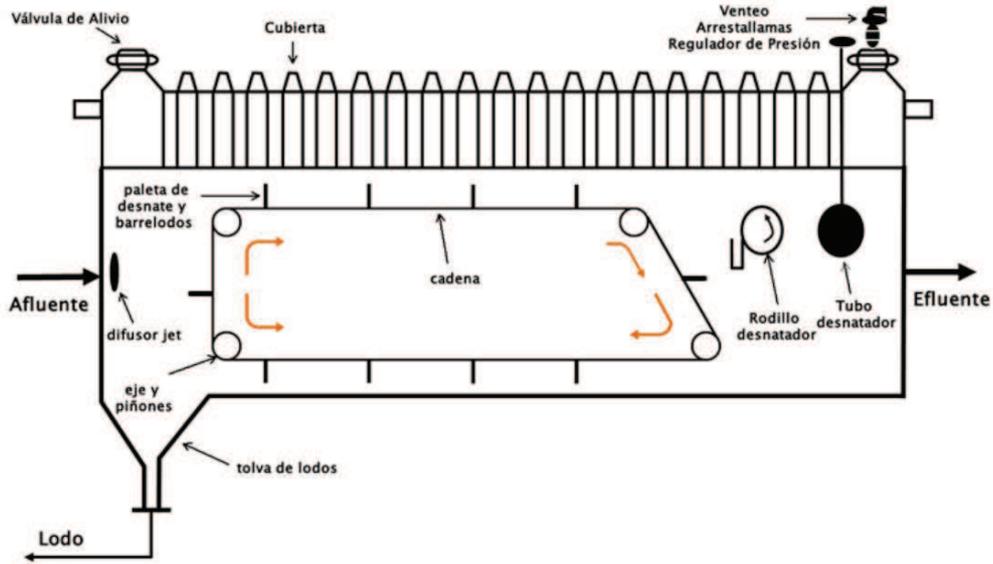


Figura 14. Esquema referenciado de un Separador API. Obtenida de Google imágenes.

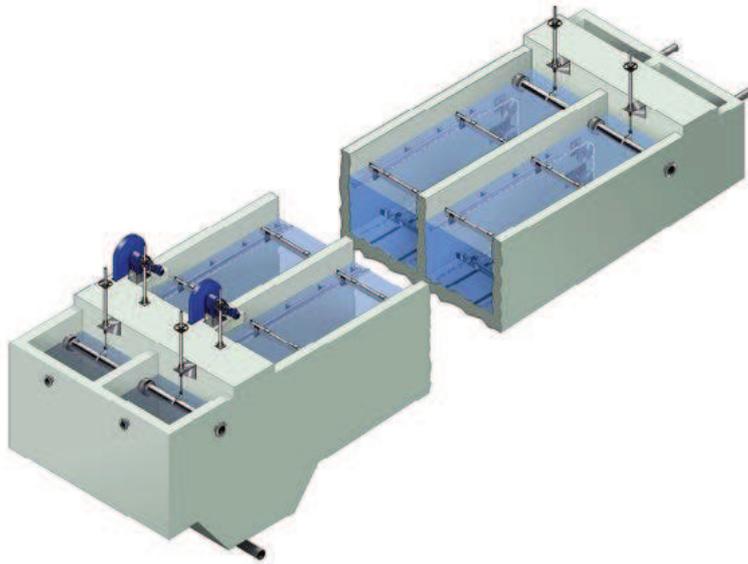


Figura 15. Esquema isométrico del Separador API. Obtenida de Google imágenes.

La efectividad de este método reside en un buen diseño hidráulico y un tiempo de retención apropiado. El porcentaje de eficiencia de separación de esta unidad depende de la composición del efluente, pero puede establecerse un rango entre el 63 y 90 % de grasas

y aceites (Eckenfelder, 2000; Schultz, 2006) y un 90% de los sólidos sedimentables (Metcalf & Eddy, 2003).

Las desventajas que presenta el separador API radican en la gran área superficial que ocupa, la susceptibilidad a los fenómenos climáticos y temperaturas ambientales y la liberación de hidrocarburos volátiles presentes en el efluente (Sainz Sastre, 2005).

Ha de tenerse en cuenta que para que la operación de la planta sea habilitada, es necesario realizar una estimación de la emisión de los compuestos orgánicos volátiles (VOCs por sus siglas en inglés) generada por la operación de esta unidad. A su vez, evaluar la instalación de una cobertura superficial de la misma, un sistema colector de gases, y un tratamiento para evitar la generación de una atmósfera peligrosa debido a la liberación de los mismos, como puede ser: adsorción en carbón activado, oxidación térmica o catalítica, foto-oxidación, entre otras.

A pesar de que estos inconvenientes podrían disminuirse mediante la instalación de un separador de placas paralelas, esto no se creyó adecuado debido a la alta concentración de sólidos presentes en el efluente.

Si bien este tipo de unidades son las más utilizadas por su practicidad y eficiencia, su rendimiento no es suficiente para remover las concentraciones de grasas y aceites a niveles inocuos para los microorganismos del tratamiento secundario. Mediante esta técnica no es factible la remoción de emulsiones, coloides, aceites solubles disueltos, sustancias orgánicas e inorgánicas solubles y trazas de hidrocarburos y aceites insolubles de radio menor a 150 micrómetros (Barthe, Chaugny, & Roudier, 2015). Es por ello que el presente proceso es considerado un pretratamiento y se necesita de operaciones unitarias de afino adicionales que requieren del uso de químicos para mejorar la separación sólido-líquido o líquido-líquido de los hidrocarburos remanentes y sólidos suspendidos (Barthe, Chaugny, & Roudier, 2015).

Como resultado de la presente separación, además del efluente clarificado, se obtienen sólidos sedimentables y grasas y aceites flotantes. Éstos últimos poseen el potencial de ser sometidos a procesos de recuperación, a fin de ser reinsertados como materia prima en el proceso. Por el contrario, los sólidos sedimentados deben enviarse a disposición final con un agente tercerizado y habilitado para dicha actividad.

### ***6.1.3 Homogeneización de caudales efluente industrial***

Los procesos productivos de la empresa se desarrollan bajo la modalidad Batch, y por tanto, los efluentes generados varían notablemente en cuanto a caudal y composición a

lo largo de todo el día productivo. Como consecuencia, se obtiene un flujo muy irregular, con diferentes picos de caudal y concentraciones a lo largo de la jornada laboral y una generación nula durante los días no operativos. Esta condición afecta las eficiencias de los diferentes tratamientos posteriores e imposibilita el desarrollo de cualquier tratamiento biológico, ya que el mismo requiere de un efluente continuo y homogéneo para perdurar activo a lo largo del tiempo y poder desarrollarse con su máxima efectividad.

Cabe destacar que la regularización del caudal trae a su vez diversas ventajas adicionales, como la mejora del rendimiento de los procesos, aumento de la vida útil de las instalaciones, optimización del volumen de diseño de las unidades y simplificación del control operacional de las mismas.

El sistema de homogeneización de efluentes consiste en un tanque agitado que permite disolver las concentraciones de los contaminantes, homogeneizar pH y temperatura y amortiguar las diferencias de caudal generadas a lo largo del día. Como resultado, se obtiene un efluente homogéneo con un caudal constante.

Al igual que la unidad anterior, es necesario que el tanque de equalización se encuentre cerrado herméticamente para evitar la liberación de VOCs a la atmósfera, sobre todo por verse este fenómeno favorecido por la agitación continua llevada a cabo en esta operación. También debe considerarse el sistema de tratamiento de los mismos.

#### ***6.1.4 Desbaste, homogeneización de caudales y bombeo efluente domiciliario***

Al igual que para el efluente industrial, la primera operación involucrada en el ingreso del efluente a la planta es el desbaste, seguida del almacenamiento del mismo en un pozo de bombeo.

Para la presente línea de efluentes se incluirá también un sistema de desbaste de rejas finas y limpieza manual, canalizado a nivel del suelo y cubierto con tapa de inspección, para evitar la liberación de olores indeseados.

El pozo de bombeo, tal cual su nombre lo indica, será diseñado tanto para elevar la altura del fluido como para homogeneizar el caudal del mismo. Consistirá en un recinto cerrado, con una bomba sumergible y contiguo al canal de desbaste.

## 6.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

El tratamiento primario, por su parte, está destinado a la reducción de la concentración de hidrocarburos, eliminación de componentes tóxicos, disminución del porcentaje de la carga orgánica y aumento de la biodegradabilidad del efluente (Metcalf & Eddy, 2003). Se trata de un tratamiento en el cual se aplican procesos físico-químicos con el objetivo de remover la mayor parte de los sólidos coloidales y emulsiones que escaparon al tratamiento anterior y así mejorar el rendimiento del tratamiento secundario o biológico.

El tratamiento primario diseñado para el efluente industrial consta de tres etapas: coagulación, floculación y flotación por aire disuelto.

Los procesos de coagulación y floculación se introducen como un tratamiento de adecuación con el objetivo de romper las emulsiones aceitosas y aglomerar las partículas coloidales suspendidas, a fin de que puedan ser posteriormente segregadas por un método de separación físico (Sainz Sastre, 2005).

El sistema coloidal se encuentra conformado por dos o más fases, normalmente una fluida y las demás dispersas en forma de pequeñas partículas suspendidas. Dichas partículas se caracterizan por tener carga negativa en su superficie, ya que su reducido tamaño (entre 0,1 y 1 micrómetro) hace que las fuerzas repulsivas sean superiores a las atractivas, manteniéndolas suspendidas en la fase dispersante (Eckenfelder, 2000).

Se entiende a la coagulación como el proceso químico que se da como consecuencia de la adición de un producto químico a una dispersión coloidal, provocando una desestabilización de las repulsiones mediante dos vías principales: la neutralización de cargas o por barrido de los iones por arrastre del mismo coagulante. En cambio, la floculación refiere a la formación de flóculos fácilmente sedimentables a partir del agrupamiento de aquellas partículas desestabilizadas predominando la formación de enlaces de tipo físico (Sainz Sastre, 2005). Asimismo, la formación de dichos flóculos promueve la adsorción de partículas sobre su superficie, permitiendo que diferentes compuestos orgánicos se adhieran a la misma y también sean eliminados. (ENOHSA)

La coagulación se realiza mediante una mezcla rápida del coagulante con el agua, con la finalidad de promover su dispersión lo más rápido y homogéneo posible, mientras que la floculación requiere de una agitación lenta que de lugar a la formación de flóculos estables (ENOHSA).

Para garantizar la máxima eficiencia de estas operaciones es imprescindible realizar ensayos de laboratorio con el efluente crudo para determinar la condición ideal de todos los factores intervinientes en los procesos. Se deben establecer: qué coagulante/floculante utilizar, la dosis a aplicar, el rango de pH y temperatura óptimos, la calidad de efluente final y los lodos a generar (ACUMAR, s.f.). En cuanto a los parámetros operacionales (tiempos de mezcla y gradientes de velocidad), dependen enteramente del proceso, geometría y principio de funcionamiento de la unidad seleccionada. Es por ello que los rangos se ajustan a los establecidos por bibliografía basados en las evidencias prácticas.

### 6.2.1. Cámara de Coagulación o Mezcla rápida

#### Descripción del proceso

Para efectuar la coagulación de la mezcla, se propone la instalación de un tanque de agitación mecánica con una turbina de eje vertical, propulsada por un motor externo con un regulador de velocidad (Figura 16). Con esta configuración, las condiciones de mezcla se vuelven fácilmente manipulables, posibilitando flexibilidad ante cambios de caudal y/o composición del efluente.

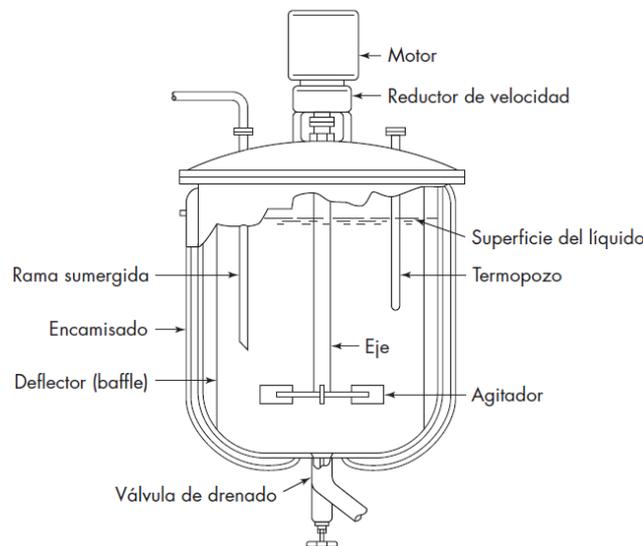


Figura 16. Esquema de agitador mecánico (McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

La eficiencia del proceso depende directamente de las condiciones de turbulencia, determinada mediante el gradiente de velocidad ( $G$ ), y el tiempo de mezcla, determinado por las cinéticas de las reacciones químicas (ENOHSa).

Los valores típicos de G en los procesos de coagulación suelen estar dentro del rango de 300 a 1500 1/s. Los tiempos de permanencia están establecidos entre 1 a 7 segundos (ENOHSa), pero en la práctica suelen implementarse sistemas con tiempos entre 30 a 60 segundos (Metcalf & Eddy, 2003).

Una fuerte ventaja de los mezcladores mecánicos sobre los hidráulicos es el control sobre el grado de agitación y la flexibilidad que establecen ante cambios de caudal, pudiendo mantener constantes los gradientes de velocidad variando la intensidad de la rotación de los ejes (De Vargas, 2004). Sin embargo, éstos implican una aplicación total de energía muy superior a la requerida para la agitación, por las grandes pérdidas de carga generadas por inducción y fricción durante el proceso. En cambio, la potencia disipada en los mezcladores hidráulicos proviene del trabajo interno del fluido, ahorrando energía eléctrica, pero estableciendo condiciones de mezcla difícilmente controlables por el operador.

Según la experiencia realizada por Santo et al. (2012), el coagulante que evidenció mejor eficiencia en cuanto a remoción de TOC, DQO y turbidez en aguas residuales con altos contenidos de hidrocarburos fue el PAX-18 (polielectrolito de Aluminio). Estos tipos de coagulantes resultan ser muy viscosos y de alto peso molecular, por lo cual el desafío de una óptima coagulación radica en una rápida dispersión, debido a que la acción de la adsorción de los coloides a la superficie del polielectrolito es más veloz que la difusión del mismo por la mezcla (Bratby, 1980). Algunas de las potenciales ventajas de utilizar PAX como coagulante vienen ligadas a la reducción del volumen del lodo generado, reducción de la cantidad de aniones solubles, minimización de las especies solubles con metales y disminución de la necesidad extensiva de ajustar pH (Bratby, 1980).

Esta unidad cuenta con un módulo de almacenamiento y dosificación de coagulante en línea en el sistema de conducción previo al ingreso.

Para optimizar el diseño del tanque de coagulación y garantizar la máxima eficiencia del proceso se debe tener en cuenta características del agua residual que influyen en el mismo. Los parámetros más críticos para considerar son el pH, la alcalinidad, la concentración de coloides y la temperatura.

La alcalinidad es una medida de la capacidad buffer del agua residual para neutralizar ácidos evitando cambios repentinos de pH. Éste último es el que determina la carga superficial de los coloides presentes en el agua cruda y el principal factor que afecta la hidrólisis de los coagulantes. El pH resultante depende del coagulante utilizado, de la

dosis aplicada y de la carga de compuestos orgánicos (Becker, 2018). El pH y la alcalinidad deben ser corregidos previo al agregado del coagulante, en el mismo sistema de conducción. Para determinar las dosis óptimas que mejor se ajusten para cada efluente, es necesario realizar ensayos de laboratorio. Por su parte, la temperatura influye por su acción en la constante de equilibrio del agua. La condición óptima de trabajo a temperaturas constantes, preferentemente las de ambiente.

Otro efecto importante de este parámetro es la influencia sobre la concentración de aluminio residual en solución. Es por ello que, para disminuir las concentraciones de aluminio en el agua tratada, es necesario mantener el pH neutro, donde la especie predominante es el  $\text{Al}(\text{OH})_3$  y su solubilidad es mínima.

### **6.2.2 Cámara de Floculación o Mezcla Lenta**

El proceso de floculación es impulsado mediante una mezcla suave que promueve el contacto entre las partículas coaguladas, generando una aglomeración de las mismas y el crecimiento de los flóculos. Dicho proceso también será llevado a cabo mediante un agitador mecánico, correspondiente al esquematizado en la figura 16.

La intensidad de mezcla necesaria para este proceso es mucho menor que en el proceso de coagulación. Los valores típicos de  $G$  varían entre 20 a 100  $1/\text{s}$  y los tiempos de permanencia entre 10 a 30 minutos (Metcalf & Eddy, 2003).

Esta unidad cuenta con un módulo de almacenamiento y dosificación de floculante en línea en el sistema de conducción previo al ingreso y un sistema de suministro de energía para el sistema de mezclado por turbina.

Este proceso no se ve afectado por el pH ni la alcalinidad del proceso, pero sí por la temperatura.

#### *Floculante*

Según los ensayos realizados por Santo (2012), las mayores eficiencias de remoción de DQO, TOC y turbidez fueron obtenidas utilizando NALCO 71408 como floculante (en combinación con el coagulante PAX-18).

### **6.2.3. Flotación**

Posterior a la coagulación y floculación es necesario introducir un proceso físico de separación, con el objetivo de eliminar aquellos sólidos conformados a partir del aglomeramiento de las partículas coloidales como así también las partículas de grasas, aceites o hidrocarburos liberadas tras la ruptura de las emulsiones. Para cumplir con dicha función se instalará un sistema de Flotación por Aire Disuelto (o DAF por sus siglas en inglés).

La aplicación del sistema DAF complementado con la coagulación y floculación es muy utilizado en las industrias químicas y petroquímicas, ya que ha demostrado proveer eficiencias de remoción entre 90 y 97% de DQO, grasas y aceites y entre el 60 y 90% de hidrocarburos totales, como se muestra en la Tabla VII.

El principio del proceso de flotación se basa en la introducción de finas burbujas de gas en el efluente a tratar a fin de generar la separación de las distintas fases y así remover las partículas contaminantes. Las burbujas introducidas tienden a fijarse en la interfaz sólido-líquido, creando la velocidad ascensional suficiente para que la partícula alcance la superficie del líquido y pueda ser posteriormente removida (Metcalf & Eddy, 2003).

El proceso de flotación por aire disuelto (DAF) se lleva a cabo mediante dos unidades principales: el tanque de flotación y la cámara de presurización (Figura 17). El modo de operación consiste en desviar entre un 15 y 20% del agua clarificada del tanque de flotación hacia la cámara de presurización, en donde se disuelve aire hasta alcanzar la saturación. El agua presurizada es posteriormente recirculada hacia el mismo tanque, dando lugar al efecto de descompresión que da comienzo al proceso de flotación.

El rendimiento del sistema de flotación por aire disuelto depende principalmente de la relación entre el volumen de aire suministrado a la unidad y de la concentración de sólidos en solución (A/S), que determinará el grado de clarificación final del efluente. Si bien es necesario un análisis de laboratorio que determine la proporción ideal para el efluente a tratar, los rangos típicos de A/S varían entre 0,005 y 0,06 (Metcalf & Eddy, 2003).

Cabe aclarar que, tanto la presión y el tiempo de retención en la cámara de presurización como el porcentaje del líquido a recircular también deben ser calculados de manera empírica en planta piloto a partir de una muestra del efluente crudo. De esta forma será posible establecer los criterios de diseño y condiciones adecuadas para obtener el máximo rendimiento del método (Metcalf & Eddy, 2003).

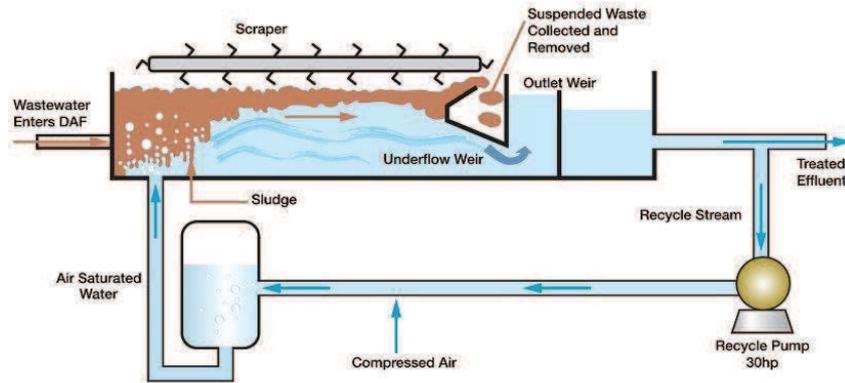


Figura 17. Sistema de Flotación por Aire Disuelto. Obtenido de Google Imágenes

Una vez finalizado el proceso, el líquido clarificado fluye mediante un vertedero protegido por deflectores mientras que los brazos barreadores retiran la espuma superficial hacia un contenedor de lodos. Aquellas partículas más densas que hayan podido decantar se acumulan formando barro, que son posteriormente arrastrados por unas rasquetas de fondo para finalmente ser purgados de manera periódica (Sainz Sastre, 2005)

El efluente resultante de esta operación unitaria estará compuesto por aceite soluble, sustancias orgánicas e inorgánicas solubles y componentes traza de gotas libres de aceites, gotas de aceite dispersas y sólidos suspendidos y sedimentables (Barthe, Chaugny, & Roudier, 2015).

Al igual que en el caso del separador API, los lodos aceitosos generados como resultado de la flotación poseen el potencial de ser sometidos a procesos de recuperación de aceite, a fin de reinsertar materia prima al proceso. Los sólidos sedimentados han de ser dispuestos como residuos peligrosos mediante agentes tercerizados y habilitados para tal actividad.

### 6.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario promueve la eliminación del resto de los sólidos disueltos o en suspensión, remoción de nutrientes y contaminantes específicos y principalmente la estabilización de la materia orgánica soluble y biodegradable mediante la acción metabólica de los microorganismos. Éstos últimos cuentan con la capacidad de transformar los

mencionados contaminantes en gases y tejido celular, que son fácilmente removibles del efluente mediante flotación y decantación, respectivamente (Metcalf & Eddy, 2003).

Es en esta instancia que se unifican ambas líneas de efluentes (industrial y domiciliario). Esta decisión se toma a partir de la suposición de un efecto dilución generado por la mezcla de ambos caudales, ya que el caudal de efluente domiciliario es 7 veces menor que el del industrial. De esta manera, a pesar de que el efluente domiciliario no haya sido sometido a un tratamiento primario, los componentes mayoritarios del mismo (principalmente materia orgánica y sólidos suspendidos) resultan no significativos en la mezcla final, resultando en un tratamiento efectivo para ambas líneas.

Asimismo, aunque su inferencia sea mínima, el agregado del caudal domiciliario hará las veces de inóculo bacteriano al tanque biológico.

A continuación, se detallarán los procesos y unidades involucradas en cada alternativa propuesta

### ***6.3.1 Alternativa 1: Sistema en serie de lecho percolador y lodos activos.***

La primera alternativa implica la instalación de dos tecnologías de biodegradación aeróbica en serie, como lo son el biofiltro (o lecho percolador) y el sistema de lodos activos. Esta combinación se suele utilizar para: (1) reducir las grandes concentraciones de DBO, DQO y de sólidos suspendidos totales y (2) para proteger al proceso de lodos activos de la presencia de sustancias tóxicas o inhibitorias. A su vez, se requiere instalar un clarificador secundario, entre sendas unidades, que permita reducir la carga orgánica de sólidos aportada al tanque de lodos activos y así minimizar el volumen requerido del mismo (Metcalf & Eddy, 2003).

Otras de las grandes ventajas que ofrece esta técnica son la estabilidad y resistencia al shock de cargas orgánicas esporádicas aportadas por el lecho percolador durante la limpieza del mismo (desprendimiento de la biomasa), la reducción del volumen y energía requerida para ambos procesos (por no necesitar una eficiencia tan alta en cada uno) y una mejora de la sedimentabilidad del lodo activo, como resultado del tratamiento en el biofiltro, obteniendo un efluente final de alta calidad (Metcalf & Eddy, 2003).

### ***Biofiltros***

Los biofiltros constituyen un sistema de tratamiento biológico aeróbico cuyo principio de acción es la percolación del efluente a tratar a través de un medio filtrante con

biomasa adherida. El relleno o *packing* puede estar constituido por diferentes materiales, siendo plástico el más utilizado en la actualidad. Adicionalmente al lecho filtrante, los biofiltros también incluyen un sistema de dosificación y distribución del efluente (brazo distribuidor), un sistema de drenajes y la estructura contenedora del lecho (Figura 18) (Metcalf & Eddy, 2003). El sistema de drenado toma un rol importante tanto en la recolección del efluente tratado como en el sistema de aireación del lecho, que puede ser natural o forzada.

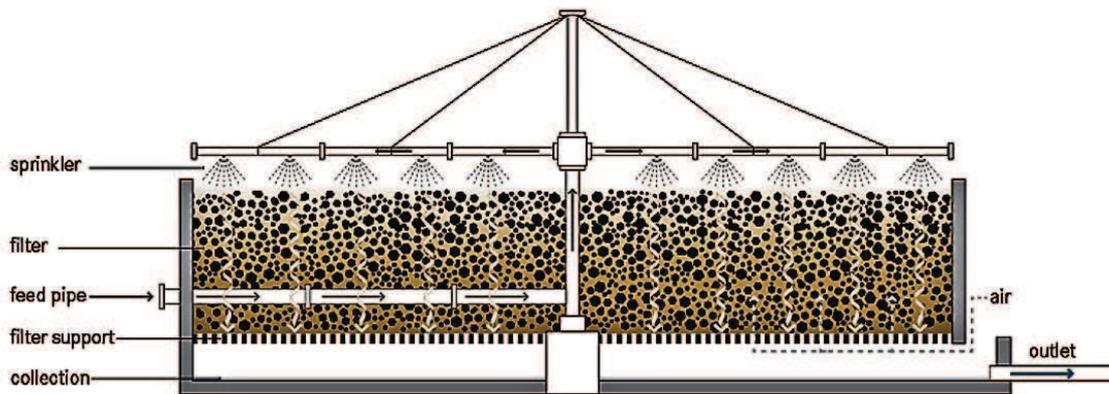


Figura 18. Esquema de filtro percolador. Obtenido de Google Imágenes.

La operación del biofiltro comienza con la distribución uniforme del efluente en la superficie del lecho, aplicada mediante el brazo distribuidor impulsado eléctricamente o por la misma inercia de la salida del efluente. El tratamiento ocurre a medida que el efluente percola a través del relleno y toma contacto con el biofilm que cubre la superficie del mismo (Barthe, Chaugny, & Roudier, 2015). Una vez escurrido, el efluente tratado fluye por el sistema de canaletas hacia un sedimentador secundario, a partir del cual se separan los sólidos sedimentables del efluente clarificado. Finalmente, una porción del efluente de salida es recirculado al sistema, con el objetivo de diluir la concentración de entrada y elevar la carga hidráulica del lecho (Metcalf & Eddy, 2003).

El *biofilm* formado en el lecho puede alcanzar hasta 10 mm de espesor, dando lugar a diferentes metabolismos biológicos, según la disponibilidad de oxígeno que exista. Durante el tratamiento, en la porción más externa del *biofilm* la materia orgánica queda adsorbida y metabolizada bajo condiciones aerobias (entre 0,1 a 0,2 mm), dando como resultado nueva biomasa y liberación de dióxido de carbono (Barthe, Chaugny, & Roudier,

2015). Como el oxígeno es consumido en los primeros milímetros, a medida que los microorganismos crecen y aumenta el espesor del *biofilm*, la porción inferior queda bajo condiciones de anaerobiosis, generándose allí una biodegradación anaeróbica. Al momento de su máximo espesor, los últimos microorganismos entran en respiración endógena por falta de sustrato y pierden su capacidad de adherencia, provocando un desprendimiento o *sloughing*. Dicho fenómeno es una función de la carga hidráulica y orgánica con la cual opera el biofiltro. La carga hidráulica determinará el caudal y la fuerza de arrastre que tendrá el efluente mientras que la carga orgánica determina la cantidad de alimento que se le provee a los microorganismos, y por ende, su tasa de crecimiento. Dichas variables pueden ser manejadas estableciendo diferentes condiciones de operación en cuanto a la velocidad de rotación del brazo distribuidor y la proporción del caudal de recirculación.

La aplicación más común y la seleccionada para este diseño se trata de la adecuación del biofiltro a modo de filtro grueso primario y el pulido final obtenido con el tanque aireado de lodos activos. Este tipo de configuración implica la operación del biofiltro con una carga orgánica volumétrica superior a las aplicadas en condiciones convencionales y con rango de eficiencia de remoción de DBO entre el 40 y 70% (Metcalf & Eddy, 2003). En lo que respecta al sistema de lodos activos, se busca operar con las condiciones adecuadas para lograr una alta eficiencia de remoción de materia orgánica (entre el 90 y 95%).

### *Lodos Activos en RMC*

En la presente alternativa, el reactor de fangos activos se instala como unidad principal para la degradación de la materia orgánica, ya que esta tecnología ha demostrado alcanzar eficiencias de remoción de DBO de hasta un 97% (Jafarinejad & Jianga, Current technologies and future directions for treating petroleum refineries and petrochemical plants (PRPP) wastewaters, 2019). Asimismo, también es posible obtener un porcentaje de remoción de contaminantes inorgánicos debido a la adsorción de los mismos a la biomasa y su posterior precipitación en el tanque clarificador (Cecn & Aktas, 2012)

Como se muestra en la figura 19, el proceso involucra tres componentes básicos: un reactor biológico aireado de mezcla completa, en donde tiene lugar la biodegradación de la materia orgánica; un clarificador secundario, donde se lleva a cabo la sedimentación de lodos y clarificación del efluente; y un sistema de recirculación de los lodos, que reinserta los lodos precipitados en el tanque de sedimentación (Metcalf & Eddy, 2003).

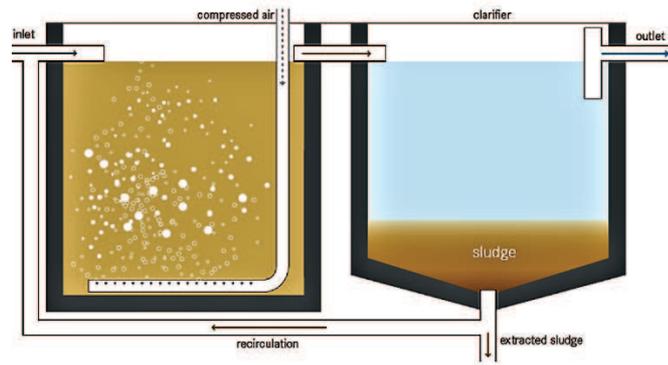


Figura 19. Sistema de lodos activos con clarificador secundario. Obtenido de Google imágenes.

El proceso inicia cuando efluente clarificado del biofiltro ingresa al tanque aireado y toma contacto con la biomasa suspendida por un tiempo de retención previamente determinado. Allí mismo se llevan a cabo las reacciones de biodegradación y/o biotransformación de los compuestos orgánicos y ocasionalmente adsorción de contaminantes a la superficie de los flóculos biológicos. Una vez transcurrido el tiempo de contacto establecido, el licor de mezcla fluye hacia el clarificador secundario, en donde se lleva a cabo la sedimentación de los lodos y la separación del efluente tratado. Una porción de los lodos decantados es recirculadoses re-circulados nuevamente al sistema a fin de mantener una proporción adecuada de materia orgánica y microorganismos. Debido al constante crecimiento de la biomasa, otra porción de los lodos decantados en el clarificador es purgados con una frecuencia dada, para luego ser enviados hacia un tratamiento terciario de lodos y posteriormente dispuestos como residuo especial (Cecn & Aktas, 2012)

Paralelamente a la biodegradación, otro mecanismo de remoción que toma partido en este proceso es el de sorción en la biomasa. Si bien no es el principal, en aquellos casos donde el proceso de biodegradación se ve limitado por la presencia de compuestos de baja biodegradabilidad y/o de alta toxicidad, el proceso de biosorción parece tomar mayor significancia (Eckenfelder, 2001).

### 6.3.2 Alternativa 2: Sistema de lodos activos con tecnología PACT (Power Activated Carbon Treatment) + WAR (Wet Air Regeneration).

#### *Sistema biológico PACT*

El proceso biológico con PACT (*Power Activated Carbon Treatment*) es una simple variante proceso de lodos activos convencional (Figura 20). Se trata de un sistema que involucra un tratamiento físico y biológico en simultáneo, generado mediante el agregado de polvo de carbón activado (PCA) al reactor aireado. Este sistema se destaca por generar un efecto sinérgico que combina la biodegradación con el fenómeno de adsorción, cuya acción conjunta ha demostrado ser más eficiente que los rendimientos alcanzados de forma individual, en lo que respecta a contaminantes orgánicos refractarios (Jafarinejad & Jianja, 2019). Mediante el proceso PACT, se llevan a cabo los siguientes procesos de remoción:

(1) Degradación compuestos orgánicos fácilmente biodegradables, mediante la acción de la biomasa suspendida.

(2) Remoción compuestos orgánicos o inorgánicos (metales pesados) mediante adsorción y posterior precipitación en el clarificador secundario.

(3) Adsorción y biodegradación de compuestos difícilmente biodegradables (hidrocarburos y compuestos fenólicos), como consecuencia del mayor tiempo de contacto generado con la biomasa.

(4) Reducción de la toxicidad e inhibición biológica del efluente como consecuencia de la remoción de agentes tóxicos.

(5) Reducción de la liberación de VOCs a la atmósfera por adsorción.

En este sistema, el efluente ingresa al reactor biológico y toma contacto con la biomasa y el PCA en el licor de mezcla durante un tiempo de retención hidráulico determinado. El PCA puede ser dosificado en forma seca o como lodo, según se adicione en el mismo tanque biológico (como carbón virgen) o en la línea de ingreso de la recirculación de lodos (como carbón regenerado), respectivamente. La dosificación del PCA depende del tipo y de la concentración de los contaminantes, como así también del grado de eficiencia de remoción que se requiere adquirir (Cecn & Aktas, 2012). Una vez culminado el tiempo de contacto en el reactor, el licor de mezcla es transportado hacia el clarificador, en donde se produce la separación del efluente tratado y la precipitación del lodo biológico. Finalmente, este último es en parte purgado y en parte recirculado nuevamente al sistema. La edad de los lodos influye no solamente en el tratamiento biológico y la metabolización de la materia orgánica sino también en la efectividad sinérgica con el PCA.

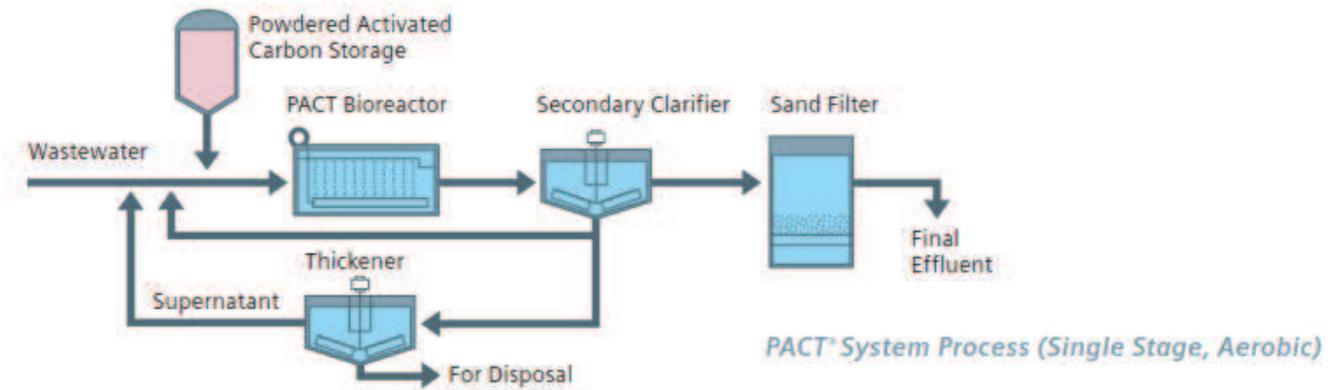


Figura 20. Sistema PACT de lodos activos con carbón activado. Fuente: Google imágenes.

Para evaluar la eficiencia de un determinado carbón activado para una aplicación específica consiste en obtener, mediante ensayos de laboratorio, la correspondiente isoterma de adsorción en fase líquida. Mediante la misma, es posible observar la distribución del adsorbato entre la fase adsorbida y la fase de disolución que permanece en equilibrio. Por tanto, indica la cantidad de adsorbato adsorbido por unidad de masa de adsorbente frente a la concentración del adsorbato remanente en la disolución (Ledezma Cano, 2013).

Existen múltiples orígenes de PCA, como carbones bituminosos, madera, lignito, semillas de durazno, cáscaras de coco, etc. Si bien todos pueden someterse a los procesos de carbonización y activación necesarios para suministrar un área superficial adsorbente, los carbones bituminosos y los de lignito son los más comúnmente utilizados para el tratamiento de agua.

Tanto la selección del tipo y dosificación de carbón a utilizar, como la edad de los lodos del tanque biológico, son parámetros que deben ser evaluados a escala de laboratorio y probados en planta piloto, a fin de garantizar la máxima eficiencia con los menores costos posibles.

### *Wet Air Oxidation(WAO) & Wet Air Regeneration (WAR)*

El proceso de oxidación húmeda o *Wet Air Oxidation* (WAO) consta de la oxidación de componentes orgánicos solubles o suspendidos en una solución acuosa utilizando oxígeno en condiciones de alta presión y temperatura (Cecn & Aktas, 2012). Aplicada en el contexto de la regeneración de carbones activados saturados con compuestos orgánicos, la oxidación húmeda ha mostrado dar muy buenos resultados y se la denomina *Wet Air Regeneration* (WAR). Mediante esta técnica, el carbón agotado, en el seno de una disolución acuosa, se somete a calentamiento y se lo pone en contacto con un agente oxidante. Las

temperaturas utilizadas rondan entre 150-200 °C y las presiones entre 10-50 bar. El poder oxidante del sistema está basado en la alta solubilidad del oxígeno en estas condiciones y, a su vez, las altas temperaturas incrementan la velocidad de reacción y la producción de radicales libres. Se trata, por tanto, de un procedimiento que combina la regeneración química con la térmica (Ledesma Cano, 2013).

Esta es una de las tecnologías más utilizadas para conseguir la regeneración del PCA contenido en los lodos residuales del sistema PACT, con el objetivo de reinsertarlo nuevamente en el proceso.

El lodo residual del sistema PACT está compuesto por sólidos biológicos (biosólidos) y partículas de carbón activado saturadas de compuestos orgánicos e inorgánicos. Mediante la WAR es posible llevar a cabo la destrucción del exceso de sólidos biológicos, oxidación de los contaminantes orgánicos adsorbidos y la reactivación de la capacidad de adsorción del PCA. De este modo, es posible reutilizar el PCA regenerado y tratar el lodo biológico descartado mediante un único proceso, lo que reduce notablemente los costos asociados al consumo de carbón virgen y la gestión de disposición de lodos, respectivamente (Jafarinejad & Jianja, 2019). En la Figura 24 se muestra un diagrama básico de un proceso WAR desarrollado por *Siemens Water Solutions*, cuyos principales componentes son: una bomba de alta presión, un compresor de aire, un intercambiador de calor, un reactor de oxidación, una válvula reductora de presión y un tanque contenedor.

El proceso comienza una vez que el lodo purgado del sistema PACT es transportado hacia un espesador de lodos, en donde se concentran y espesan por acción de la gravedad. A partir de allí, el sobrenadante es devuelto nuevamente al sistema mientras que el lodo decantado es bombeado hacia un intercambiador de calor. En este paso intervienen dos bombas en serie, una de baja presión y la otra de alta presión. Previo al ingreso al intercambiador, se inyecta aire a alta presión en la misma línea de conducción, que proveerá el oxígeno necesario que actuará como agente oxidante de los procesos químicos.

Una vez pre calentada en el intercambiador de calor, la mezcla es bombeada hacia el reactor de oxidación, en donde se da lugar al proceso de regeneración. Este último se da a partir de una secuencia de pasos:

1. Desorción del adsorbato desde el carbón activado y transferencia de masa desde la superficie interna a la externa.
2. Transferencia de masa desde la superficie externa de la película al seno de la solución.
3. Transferencia de masa de oxígeno desde la fase gaseosa a la fase líquida (disolución).

4. Reacción entre el oxígeno disuelto y el adsorbato en solución.

Generalmente, la materia orgánica no se destruye completamente, sino que se convierte por medio de un mecanismo de radicales libres a productos intermedios, reduciendo significativamente la toxicidad y demanda química de oxígeno (Ledesma Cano, 2013). En dicho proceso, los residuos orgánicos son oxidados a dióxido de carbono, agua y productos intermedios de oxidación, predominantemente compuestos orgánicos de bajo peso molecular: ácidos carboxílicos, acetaldehídos y alcoholes (Figura 21) (Ledesma Cano, 2013). La oxidación húmeda de compuestos que contienen nitrógeno puede producir varias especies, como amoníaco, nitrato, nitrógeno gas y óxidos nitrosos, dependiendo del contaminante y las condiciones de reacción (Figura 21) (Ledesma Cano, 2013).

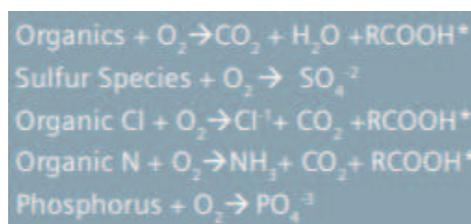


Figura 21. Reacciones de oxidación ocurridas en el proceso (Siemens, 2021).

El reactor cuenta con una salida lateral por la cual, periódicamente, se remueve la ceniza generada como subproducto, siendo el único sólido peligroso que debe disponerse, cuyo volumen es, por lo general, menor al 1% de la mezcla tratada.

Cumplido el tiempo de residencia, la mezcla caliente transportada nuevamente al intercambiador de calor, a fin de aprovechar la energía térmica de la misma para precalentar el flujo ingresante. De este modo, el sistema puede operar sin ninguna fuente externa de calor ya que las reacciones ocurridas proveen la suficiente energía para garantizar la temperatura óptima del proceso (Cecn & Aktas, 2012).

Por último, la mezcla regenerada se bombea hacia el tanque contenedor, pasando previamente por una válvula reductora de presión. A partir de allí, ya se encuentra disponible para ser reinyectada en el proceso PACT. La pérdida de capacidad de adsorción del carbón activado generada durante cada regeneración dependerá directamente de las características del agua residual y del tipo de carbón utilizado. Idealmente, dicho porcentaje de pérdida debe evaluarse mediante ensayos de laboratorio y/o estudios en planta piloto, con el objetivo de determinar la dosificación de carbón activado virgen que debe añadirse al proceso para compensar dicha pérdida y mantener la tasa de adsorción estipulada.

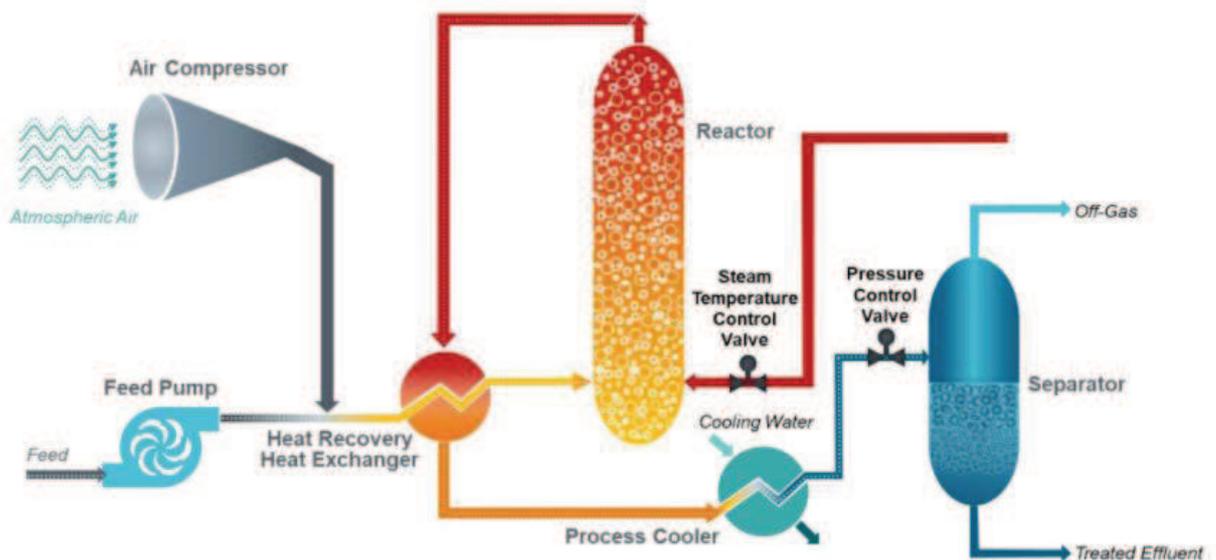


Figura 22. Proceso de Oxidación Húmeda de regeneración de carbón activado (Siemens, 2021).

Una gran ventaja de esta técnica es que la mayoría de los contaminantes permanecen en la fase acuosa. Los principales inconvenientes residen en las pérdidas de masa ocasionadas por la oxidación del propio carbón y en las alteraciones químicas de la superficie, en las que se produce un aumento del contenido en oxígeno (Ledezma Cano, 2013). Es por ello que ha de tenerse en cuenta que este proceso no es indefinido, ya que el material soporta una determinada cantidad de ciclos de regeneración, y debe ser recambiado por material virgen de forma periódica.

La operación de este proceso se deberá llevar a cabo en forma tercerizada, con un operador de residuos peligrosos que encargue, por un lado, de regenerar el PCA contenido en el lodo de purga y, por el otro, de realizar la disposición final de las cenizas residuales.

### 6.3.3 Alternativa 3: Tren de lagunaje

Las lagunas artificiales son una tecnología de tratamiento secundario de aguas residuales no convencional, que dan lugar a un proceso de biodegradación y depuración natural y orgánica. Se destacan por su fácil construcción y operación, su capacidad de asimilar grandes variaciones de caudales y por desarrollar un tratamiento igual de eficiente que los sistemas convencionales, pero, en ciertos casos, a costos operativos mucho menores.

Debido a la alta carga de DBO que poseen los efluentes descritos, la presente alternativa plantea un sistema de tratamiento basado en un tren de lagunas en serie compuesto por lagunas anaeróbicas, lagunas aireadas, lagunas facultativas y un humedal artificial. Esta configuración fue diagramada en base a tres criterios: la superficie ocupada, los rendimientos de remoción y la generación de fangos.

Las lagunas de estabilización anaeróbicas son estanques generalmente profundos y voluminosos, que reciben efluentes de altas cargas y son capaces de promover una remoción del 60% del DBO o mayor con una baja generación de fangos (Eckenfelder, 2000). En cambio, las lagunas aireadas son estanques poco profundos, aireados mecánicamente, que promueven una remoción del 75-95% de DBO (Bush, 1980) y una alta generación de fangos. En cuanto a las lagunas facultativas, su importancia en el tratamiento no se centra en el porcentaje de remoción de contaminantes, sino más bien en su función como lagunas de sedimentación. En las mismas se lleva a cabo la decantación de los lodos generados en las lagunas aireadas, disminuyendo notoriamente la concentración de sólidos en el efluente y mejorando el rendimiento de la próxima instancia. Como proceso final se instalan los humedales artificiales, que constan de grandes estanques con vegetación, que se destacan por reducir al máximo la carga orgánica remanente y retener diversos contaminantes tóxicos o recalcitrantes (Sundaravadivel & Vigneswaran, 2001).

Al encabezar el tratamiento con una laguna anaeróbica, es posible disminuir al menos un 60% de la DBO mediante una laguna profunda y de menor superficie – en la cual la acumulación de barros no interfiere significativamente. De este modo, se garantiza un mejor rendimiento de la posterior laguna aireada, ya que se promueve una disminución de la superficie ocupada, del consumo energético y de la tasa de generación de fangos. Estos beneficios se traducen en una considerable reducción de costos de inversión, mantenimiento y operación.

Seguida a la laguna aeróbica, se ha de instalar una laguna facultativa cuyo objetivo principal es actuar como sedimentador de lodos. Lo que se busca es generar una clarificación suficiente del efluente para optimizar la acción del humedal artificial contiguo, ya que el exceso de sedimentos reduce los procesos biológicos e interfiere en sus distintos mecanismos de remoción. Éste último se instala como un tratamiento de pulido final y hace las veces de tratamiento terciario o avanzado, ya que por la presencia de múltiples organismos es posible remover los excesos de nutrientes y reducir al máximo la carga orgánica.

### *Laguna anaeróbica*

Las lagunas anaerobias son diseñadas para tratar efluentes de altas cargas orgánicas y se han demostrado muy eficientes para abarcar un amplio rango de aguas residuales, incluyendo las de alto contenido de sólidos, aceites y grasas (Metcalf & Eddy, 2003). El objetivo de su instalación es retener la mayor parte de los sólidos, que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo, eliminando por consiguiente un porcentaje de la DBO.

En el fondo de la laguna, la luz solar no llega a irradiar y el oxígeno disuelto se encuentra en muy bajas concentraciones, por lo que se dan las condiciones propicias para la estabilización de la materia orgánica mediante la acción de las bacterias anaerobias (Figura 23). Éstas convierten el sustrato orgánico en ácidos volátiles y luego, por la acción de las bacterias metanogénicas, en dióxido de carbono, metano, y en sólidos mineralizados.

Algunas de sus ventajas son la simplicidad, el bajo costo de construcción y la capacidad de homogeneizar las cargas del efluente. Dentro de las desventajas se incluye la necesidad de cobertura por emisiones de VOCs y su consecuente peligrosidad por inflamabilidad, gran espacio requerido, peligro para la fauna, posible distribución de flujo deficiente y la necesidad de realizar el mantenimiento de la geomembrana (Metcalf & Eddy, 2003).

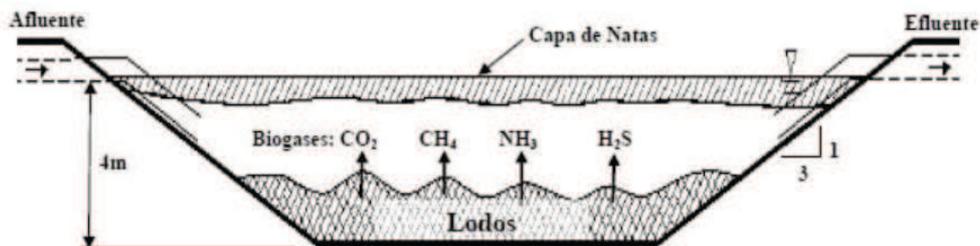


Figura 23. Esquema de laguna anaeróbica. Obtenido de Google imágenes.

### Laguna aireada

Las lagunas aireadas mecánicamente son estanques poco profundos cuya aireación depende de fuentes externas (Figura 24). Este diseño permite elevar ampliamente la eficiencia con respecto a una laguna de estabilización, ya que gracias a la instalación de aireadores mecánicos es posible acrecentar la difusión del oxígeno y establecer condiciones homogéneas a partir de la suspensión total o parcial de los sólidos. Esto incentiva una mayor

reproducción de los microorganismos aerobios y, por tanto, una mayor tasa de metabolización de la materia orgánica.

Si bien los resultados de tratamiento son muy satisfactorios debido a alto rendimiento que poseen, este tipo de lagunas interpone un alto gasto energético por la necesidad de mantener los aireadores funcionando de forma ininterrumpida. Es por ello que su instalación se justifica únicamente cuando las cargas orgánicas del efluente son muy elevadas, se dispone de suficiente terreno disponible y el costo del suministro eléctrico del sitio es relativamente accesible.

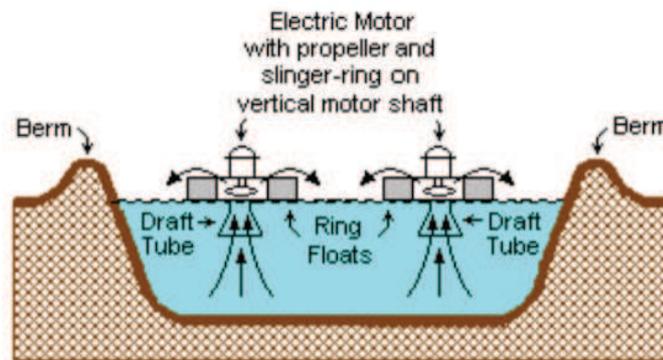


Figura 24. Esquema de laguna aireada. Fuente: Google imágenes.

### Lagunas Facultativas

Las lagunas facultativas se caracterizan por estar divididas por una estratificación térmica y de carga, que resulta en una superficie aeróbica y un fondo anaeróbico (Eckenfelder, 2000). La condición de aerobiosis de la capa superficial se debe a la presencia de oxígeno disuelto, generado como resultado de la actividad fotosintética provocada por la incidencia de la radiación solar y la presencia de poblaciones de algas (Gezairy, 1987). Como consecuencia de la actividad fotosintética, existe una variación diurna de la concentración de oxígeno: luego del amanecer, el oxígeno disuelto comienza a incrementarse hasta llegar a un máximo en la media tarde, momento a partir del cual comienza a decrecer hasta valores mínimos luego del ocaso (Mara, 2003)

Estas lagunas están diseñadas para remover principalmente DBO trabajando con efluentes de bajas cargas orgánicas, para permitir un correcto desarrollo de los organismos fotosintéticos de la superficie (Mara, 2003). Por esta razón se la ubica luego de la laguna

aireada. A su vez, se las llama “lagunas de sedimentación” ya que hacia el final de las mismas se deposita una capa de lodo biológico y sólidos sedimentables, que luego son descompuestos aneróbicamente generando metano y otros gases (Eckenfelder, 2000). Eventualmente, este lodo digerido requiere ser retirado.

Las profundidades varían entre 0,9 a 8 metros y poseen una geometría tal que permite el depósito de lodos hacia el final de la laguna (Figura 25) (Eckenfelder, 2000).

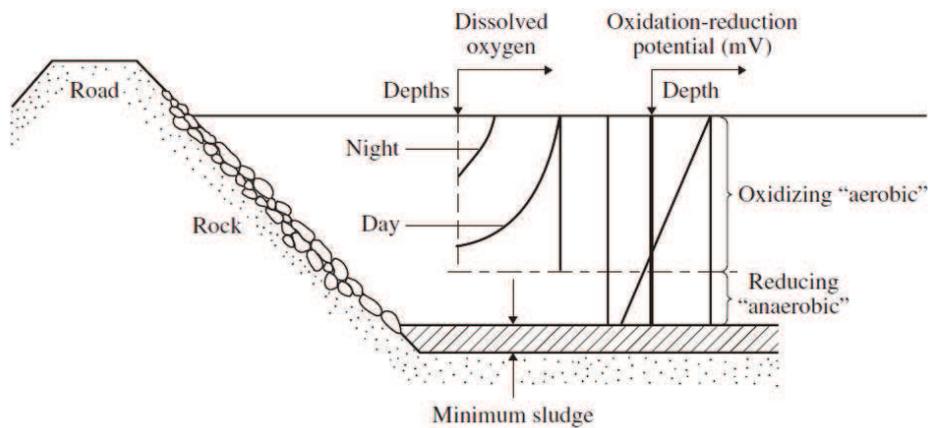


Figura 25. Esquema de Laguna de estabilización. Fuente: Eckenfelder, 2000.

### Humedales artificiales

Los humedales son áreas de transición entre sistemas terrestres y acuáticos, ya que se trata de zonas saturadas de agua (superficial o subterránea) en forma permanente o temporal. La frecuencia y duración de la inundación determina el desarrollo de diferentes especies de microorganismos y vegetación adaptados para sobrevivir en suelos saturados de agua (Sundaravadivel & Vigneswaran, 2001).

Para el tratamiento de aguas residuales, se construyen humedales artificiales permanentes cuyas características de flujo y composición son determinadas en función del espacio disponible y la necesidad de tratamiento. Este tipo de tratamiento se destaca por generar efluentes de alta calidad con bajos costos de inversión, operación y mantenimiento (Arias & Brix, 2003).

Los humedales poseen cuatro componentes principales: la vegetación, el sustrato, la columna de agua y los microorganismos (Sundaravadivel & Vigneswaran, 2001). La

vegetación presente en el humedal es la responsable tanto de la difusión de oxígeno al medio como de los múltiples mecanismos de remoción de contaminantes que esta técnica ofrece. Comúnmente, los organismos más utilizados en los humedales artificiales corresponden a especies macrófitas emergentes (plantas enraizadas al sustrato adaptadas a entornos acuáticos) (Sundaravadivel & Vigneswaran, 2001).

El sustrato conforma el medio físico que sostiene la vegetación, ya que provee la estructura de base de todo el sistema y posee la superficie específica suficiente para la deposición de un biofilm de microorganismos. Los materiales más utilizados son arenas y gravas (Sundaravadivel & Vigneswaran, 2001).

El nivel de agua de un humedal gobierna la mayoría de las funciones ecológicas que ocurren en el proceso. El agua provee el ambiente adecuado para llevar a cabo las reacciones bioquímicas y actúa como un medio de transporte que arrastra las sustancias entre distintos sitios de reacción (Sundaravadivel & Vigneswaran, 2001).

En lo que respecta a los organismos vivos, los humedales cuentan con un gran ecosistema conformado por micro y macroorganismos. Si bien la vegetación es uno de los componentes más determinantes en el funcionamiento de un humedal, los microorganismos son los que interpretan roles críticos en el tratamiento de los efluentes residuales (Sundaravadivel & Vigneswaran, 2001).

Existen múltiples clasificaciones para los humedales artificiales, siendo las principales distinciones las características de los organismos vegetales que componen el lecho (macrófitas flotantes, macrófitas de hojas flotantes, macrófitas sumergidas o macrófitas emergentes) y el sistema de flujo con el que operan (superficial, subsuperficial, vertical e híbridos) (Arias & Brix, 2003). Esta última clasificación obedece al sentido preferente del movimiento del agua en el humedal. Para esta alternativa se propone un humedal de flujo horizontal superficial, en el cual el agua se vierte en la superficie en un extremo del lecho, escurre lenta y horizontalmente y finalmente es evacuada en el extremo opuesto por medio de un vertedero (Figura 26) (Arias & Brix, 2003).

La remoción de contaminantes y nutrientes en los humedales artificiales se da en función de múltiples procesos físicos, químicos y biológicos, enumerados a continuación:

Procesos físicos. Ocurren por la presencia de las plantas enraizadas en el sustrato. Éstas incrementan el tiempo de retención de los contaminantes en el humedal, promoviendo la sedimentación de los sólidos suspendidos. Asimismo, Los medios (tierra o

grava) actúan como lechos de filtración como en los procesos de filtración, lo que ayuda a la eliminación física de estos sólidos (Sundaravadivel & Vigneswaran, 2001).

Procesos químicos. En base a reacciones químicas, suceden varios procesos: precipitación de compuestos insolubles, especialmente metales; Destrucción e inactivación de sustancias patógenas u orgánicas no biodegradables por la exposición a la luz solar y/o gases atmosféricos; Remoción de patógenos por químicos antibióticos excretados por las plantas (Sundaravadivel & Vigneswaran, 2001)

Procesos biológicos: Las reacciones biológicas principales que se llevan a cabo en los humedales son:

1. *Fotosíntesis*: La fotosíntesis es llevada a cabo por las plantas y/o microorganismos fotosintéticos, que resulta en la remoción de carbón orgánico de la columna de agua y la liberación de oxígeno a la misma. El oxígeno liberado incrementa la presión parcial del mismo en una atmósfera cercana a la superficie del agua, lo que induce su difusión hacia las profundidades (Bedford et al., 1991). Las plantas flotantes o sumergidas liberarán oxígeno directamente dentro del agua.
2. *Respiración*. Durante la respiración, el oxígeno se filtra desde las raíces de las plantas hacia el entorno acuático, generando un área rica en oxígeno alrededor de las raíces de las plantas (rhizosfera). Dicha filtración de oxígeno ayuda a mantener una condición aeróbica parcial en el agua (Hiley, 1995).
3. *Fermentación*. La fermentación refiere a la descomposición de carbón orgánico en ausencia de oxígeno, convirtiéndolo en compuestos ricos en energía como metano, alcohol y ácidos grasos volátiles. La fermentación la llevan a cabo organismos microbiológicos presentes en el agua o en el sustrato.
4. *Nitrificación y desnitrificación*. Este proceso resulta en la remoción de nitrógeno y es mediado por microorganismos. La presencia de oxígeno en combinación con carbono, impulsa el proceso de nitrificación. El proceso físico de volatilización también contribuye a la remoción de nitrógeno en los humedales de tratamiento. La matriz de los humedales constituida por áreas aeróbicas y anaeróbicas hace factible el Desarrollo de los procesos de nitrificación y desnitrificación simultáneamente. (Armstrong and Armstrong, 1988).
5. *Remoción de fósforo*. La remoción de fósforo ocurre mediante los biofilms que se depositan en el sustrato, los microorganismos presentes en los sedimentos y las plantas, que toman los nutrientes disueltos y los convierten en biomasa.

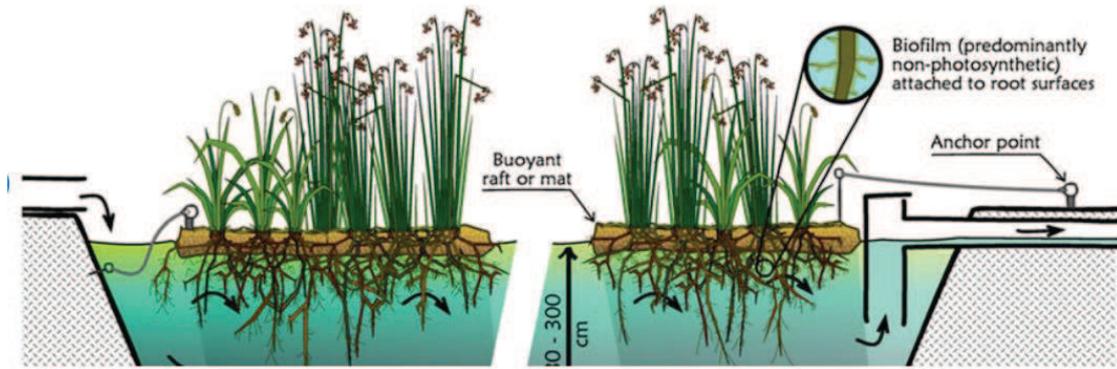


Figura 26. Esquema de humedal artificial de flujo horizontal.

## 6.4. TRATAMIENTO TERCIARIO

El tratamiento terciario o avanzado se dispone con el objetivo de remover determinados contaminantes remanentes para garantizar la inocuidad del efluente en el medioambiente y cumplir con los parámetros de vuelco establecidos por la normativa. Esta etapa final involucra una instancia de filtración seguido de un proceso de desinfección.

### 6.4.1 Filtración lenta

La filtración es un proceso físico de remoción de partículas suspendidas o coloidales cuyo principio de funcionamiento es el paso del efluente a través de un medio filtrante por acción de la gravedad o por una diferencia de presión provista por una fuente externa.

La unidad propuesta para esta etapa es un filtro lento de arena convencional, muy utilizado en las industrias para el pulido final de los efluentes previo al vuelco en los cuerpos receptores. Si bien se trata de una tecnología antigua, la filtración lenta ha demostrado una elevada eficiencia y practicidad en la remoción de grasas, aceites, hidrocarburos y nutrientes (CARVALHO & Kus & J. Kandasamy), por lo cual se la considera adecuada para el presente trabajo. El otro tipo de filtración comúnmente utilizado en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria petrolífera son los filtros de arena o de carbón activado a presión.

El filtro lento de arena se caracteriza por su simplicidad de operación y mantenimiento y es muy utilizado debido a las altas eficiencias de remoción de múltiples contaminantes. Este proceso permite remover sólidos suspendidos, microorganismos

patógenos, grasas y aceites, fósforo y nitrógeno con eficiencias de 60-90%, 99%, 90%, 35-80% y 40-70%, respectivamente (Kus & Kandasamy, 2009). También es muy utilizado para la remoción final de metales pesados (Coronado Rocha, Mercado Guzmán, & Claros Bascope, 2008)

La unidad de filtración lenta consiste en un tanque abierto relleno parcialmente con un medio filtrante, que opera constantemente con un sobrenadante de efluente que drena a caudal constante por acción de la gravedad (Figura 27). El efluente proveniente del tratamiento secundario ingresa por la parte superior del tanque, fluye a través del medio filtrante y finalmente drena por la parte inferior. Mediante dicho pasaje, los sólidos y contaminantes entran en contacto con la superficie de los granos de arena dando lugar a múltiples mecanismos de remoción.

El efluente posee un tiempo de residencia de varias horas en el sobrenadante del medio filtrante, tiempo suficiente para que ocurra una separación y sedimentación de las partículas más voluminosas. Asimismo, sobre la superficie del lecho tiende a formarse un *biofilm* o capa biológica dando lugar a una biodegradación de las partículas orgánicas durante el tiempo de contacto. Por otro lado, al momento de la percolación, se efectúan simultáneamente los fenómenos de adsorción y tamización.

Por tratarse de un tratamiento terciario, se espera que el contenido de sólidos sea muy reducido, permitiendo que el filtro pueda operar semanas o meses sin necesidad de limpieza. Cuando la pérdida de carga alcanza un determinado umbral, se debe proceder a remover una capa de uno o dos centímetros de arena en la cual están depositados los sólidos y contaminantes (Almojjly et al., 2018). Este procedimiento puede realizarse tanto de forma manual como mecánica y no requiere de capacitación o especialización.

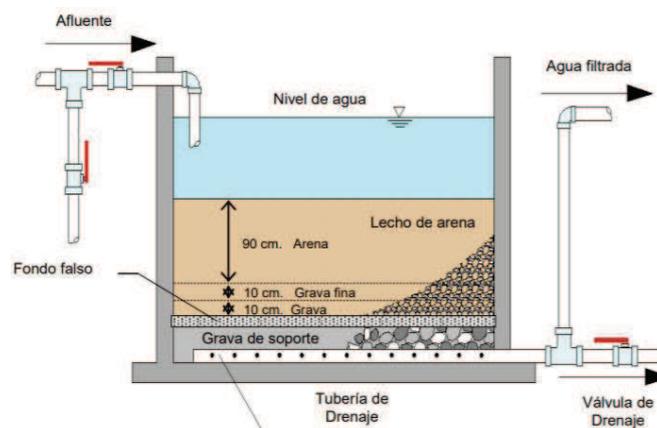


Figura 27. Esquema de un filtro lento de arena (Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental - Universidad Mayor de San Simón.)

### 6.4.2 Desinfección

La desinfección final de los efluentes tratados es una instancia obligatoria regulada por la Ley 5965 “Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera” con el objetivo de asegurar la destrucción y/o inactivación de los agentes patógenos. Para ello, se propone la instalación de una cámara laberíntica (Figura 28) en la cual se dosificará una solución de hipoclorito de sodio y se garantizará un tiempo de contacto suficiente para lograr el efecto desinfectante esperado.

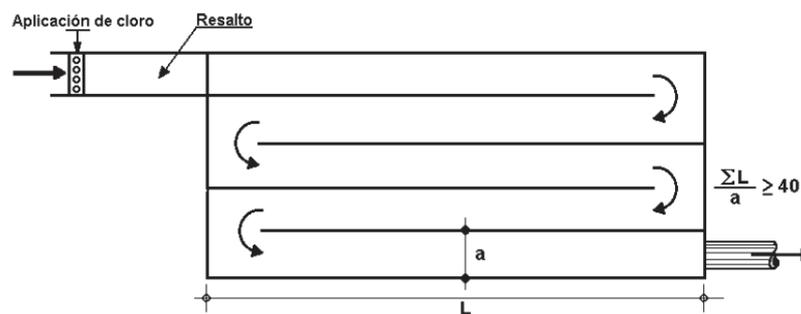


Figura 28. Esquema de cámara de cloración (ENOHSa).

### 6.5 CÁMARA MEDIDORA DE CAUDAL

La Resolución 607/12 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), exige la construcción de una Cámara de Toma de Muestras y Medición de Caudales (CTMYMC) en todo establecimiento industrial que genere efluentes líquidos. La misma estará destinada al ejercicio de las funciones de fiscalización de la autoridad de aplicación y se ubicará como última instancia del tratamiento previo a su vuelco al suelo.

## CAPÍTULO 7: Análisis de Alternativas

En el presente capítulo se desarrolla el análisis de las eficiencias y consideraciones prácticas de las alternativas expuestas. Para ello, se establecieron criterios específicos y se desarrolló un método de toma de decisión mediante el cual se seleccionó la alternativa más adecuada a la necesidad del cliente y del proyecto.

Para la selección de la alternativa se aplicó el método WRC (*Weighting Rating and Calculating*), en el cual se tomaron en cuenta cinco criterios principales: costos, eficiencias de remoción de HCT, superficie ocupada, flexibilidad operativa y liberación de VOCs. En base a ellos, se confeccionó la matriz de ponderación expuesta en la Tabla X.

Cabe aclarar que, para desarrollar el presente análisis, tanto para la evaluación de costos como para la evaluación de eficiencias de remoción se consideraron valores obtenidos de bibliografía teórica y práctica, de modo que, para obtener valores empíricos más ajustados al presente caso en tratamiento, es necesario llevar a cabo ensayos de laboratorio y pruebas en planta piloto.

### 7.1 CRITERIOS A EVALUAR

#### 7.1.1 Costos

Este criterio fue seleccionado como primer lugar de prioridad. Se entiende por costos de inversión a aquellos gastos asociados a la adquisición de materiales, insumos, maquinarias y mano de obra de montaje e instalación de la planta de tratamiento (Tablas A2.3 y A2.4 en Anexo II y Tabla XXIX). En lo que refiere a costos operativos, se tienen en cuenta: la demanda energética, la necesidad de mantenimiento (Mano de obra, repuestos, insumos) y la generación y consecuente disposición de lodos y/o subproductos especiales o peligrosos (Tabla A2.5 en Anexo II)

Como se muestra en la Tabla X, al criterio de costos se le asignó un 30% del peso de ponderación. Con respecto a los puntajes, la alternativa que presenta el menor puntaje presenta el costo más elevado y viceversa. A continuación, se detallan las necesidades de inversión y costos operativos implicadas para cada alternativa, posteriormente analizados en el Capítulo 10 "Análisis de Costo-beneficio":

### Alternativa 1:

- Costos de inversión alto, asociados a la adquisición y construcción del lecho percolador, el tanque biológico y dos sedimentadores.
- Costos energéticos bajos asociados únicamente a los sopladores de aire para el tanque de mezcla completa y el sistema de bombeo para la recirculación de lodos y efluente.
- Alta generación de lodos y necesidad de disposición.
- Técnicos especializados permanentes para operar la planta de tratamiento.
- Mantenimiento preventivo muy frecuente.
- Repuestos e insumos de alto valor.

A continuación, se resumen los costos del proyecto con la implementación de la alternativa N° 1:

Inversión Inicial	Costo operativo anual *	Costo medio (por m3)*
\$31.347.116,36	\$9.554.151,08	\$136,3

\*Al año n° 25 de operación.

### Alternativa 2:

- Costos de inversión más bajos, asociados a la construcción de un tanque biológico y un sedimentador.
- Costos energéticos bajos, asociados a la instalación de sopladores para el tanque de mezcla completa y bombas para la recirculación de caudales.
- Alta generación de lodos y necesidad de regeneración y disposición.
- Técnicos especializados permanentes para operar la planta de tratamiento.
- Mantenimiento preventivo frecuente
- Carbón activado como insumo de alto valor.

A continuación, se resumen los costos del proyecto con la implementación de la alternativa N° 2:

Inversión Inicial	Costo operativo anual *	Costo por m3*
\$19.600.000	\$9.630.363,08	\$137,4

\* Al año n° 25 de operación.

### Alternativa 3:

- Altos costos de inversión asociados a la obtención de la geomembrana y obras de movimiento, excavación y nivelación de tierras.
- Altos costos energéticos, asociados a los aireadores superficiales de la laguna aireada.
- No requiere de mano de obra especializada para la operación.
- Mantenimiento preventivo esporádico, pero con disposición de lodos costosa.

A continuación, se resumen los costos del proyecto con la implementación de la alternativa N° 3:

Inversión Inicial	Costo operativo anual *	Costo medio (por m3)*
\$ 38.449.796,36	\$9.697.090,729	\$138,4

\* Al año n° 25 de operación.

Como es notable, la alternativa 2 es la más económica para adquirir y posee costos operativos levemente mayores a la alternativa 1, por lo cual se le asignó el puntaje más alto. Por el contrario, la alternativa 3 resultó ser la más costosa, tanto para su adquisición como para su operación, por lo cual se le asignará el puntaje más bajo. El análisis de estos costos se verá con mayor profundidad en el apartado 10.6 Análisis de costo-beneficio.

#### 7.1.2 Eficiencias de remoción

La eficiencia de remoción es uno de los criterios principales a la hora de seleccionar cualquier alternativa de tratamiento, ya que en base a ella se determinará el grado de cumplimiento con la normativa y el impacto ambiental ocasionado a partir del vuelco del efluente al medioambiente. A fin de facilitar la toma de decisiones entre las alternativas propuestas y de estimar el rendimiento total de la planta de tratamiento, se evaluaron, en primera instancia, las eficiencias de remoción de cada alternativa según los diferentes contaminantes principales del efluente industrial. En base a dicho análisis, se pudo concluir que el parámetro más interesante para comparar en la matriz de ponderación resultó ser el de remoción de Hidrocarburos Totales.

En la Tabla VII expuesta a continuación, se volcaron los rangos de eficiencia teórica que posee cada operación unitaria involucrada en las diferentes etapas, teniendo en cuenta las tres alternativas de tratamiento secundario. Los valores fueron obtenidos a partir de diversas fuentes bibliográficas, que incluyen trabajos prácticos, investigaciones o

desarrollos teóricos, entre otros, teniendo en cuenta efluentes semejantes a los generados por la industria en estudio (Por ejemplo de industrias químicas, petroquímicas o petroleras)

Tabla VII. Eficiencias de remoción por etapa basadas en bibliografía.

a (Almojjly, Johnsona, Oatley-Radcliffea, & Hilala, 2018); b (Almasi, Dargahi, & Amrane, 2014); c (El-Awady, Abdelfattah, & El-Magd, 2015); d (Bush, 1980); e (Campos, y otros, 2014); f (Eckenfelder, 2000); g (Cecen & Aktas, 2012); h (Foy & Close, 2007); i (Galil & Wolf, 2001); j (Ghimire & Wang, 2018); k (Jafarnejad, 2017); l (Jafarnejad & Jianga, Current technologies and future directions for treating petroleum refineries and petrochemical plants (PRPP) wastewaters, 2019); m (Chin, 1994); n (Knight, Kadlec, & Ohlendorf, 1999); o (Pérez., 2011); p (Metcalf & Eddy, 2003); q (Al-Muzaini, 1987); r (Moursy & El-Ela, 1982); s (Nacheva, 2011); t (Pombo, Magrini, & Szklo, 2011); u (Sainz Sastre, 2005); v (Santo, Vilar, Botelho, Eva Kumar, & Boaventura, 2012); w (Schultz, 2006).

Parámetro	Pretratamiento	Tratamiento 1°	Tratamiento 2° Alternativa 1		Tratamiento 2° Alternativa 2	Tratamiento 2° Alternativa 3				Tratamiento 3°
	API	Coagulación + Floculación + DAF	Lecho Percolador	Lodos activos	PACT + WAR	Laguna anaeróbica	Laguna aireada	Laguna facultativa	Humedal artificial	Filtro de arena
DQO	22-45 % f	40-70% o m	30-70% d	89% j	80-98% l h e		60-85% t l n	30-65% d	38-86% n	
DBO	67-98% o	-	40-70% p	95-97% l	95-97% l		50-95% n t	40-95% d	55-98% n	
SST	60% o	80-95% u l	60-85% l	98% j	90-98% j l		80-90% u l	20-30% d	77-89% n	
GyA	63-90% o m f x	95-98% c w	50-80% l		95% k		70-90% l m	50-90% d	60-94% n	96,3-99,4% a
HCT	85% o m	50-95% i v m q	-	-	95,27% l		70-80% o	-	-	
Fenoles	-	85% r	-	98-99% l	99% l e g	88-90% b	90-99% l	-	-	

Para profundizar el análisis, se seleccionaron valores pertenecientes a los rangos de remoción mostrados en la Tabla VII y se confeccionó una matriz comparativa de eficiencias (Tabla VIII), en la cual se esbozan los resultados estimados que se obtendrían con el tratamiento secundario provisto por cada alternativa y se los compara con los límites máximos permisibles de vuelco a suelo establecidos por la resolución 46/17 de ACUMAR.

Tabla VIII: Matriz de eficiencias comparativa de las concentraciones teóricas esperadas de los efluentes en función de cada alternativa y los límites máximos permisibles según la Resolución 46/17 de ACUMAR. Se observan en rojo los valores que exceden el máximo límite permisible, en negro las concentraciones nulas o no reguladas y en verde las concentraciones aptas para vuelco.

	Efluente crudo	Pretratamiento API			Tratamiento Primario Coagulación + Flocculación + DAF			Tratamiento Secundario Alternativa 1 (Lecho Percolador + Lodos Activos)			Tratamiento Secundario Alternativa 2 (Reactor Biológico PACT)			Tratamiento Secundario Alternativa 3 (Tren de lagunaje)			RES ACUMAR 46/17 (mg/l)
		Influyente	Efluente	Remoción	Influyente	Efluente	Remoción	Influyente	Efluente	Remoción	Influyente	Efluente	Remoción	Influyente	Efluente	Remoción	
DQO (mg/l)	13100	13100	10218	22%	10218	2554,5	75%	2297,7	172,33	92,5%	2297,7	229,8	90%	2297,7	13,8	99,4%	≤ 500
DBO (mg/l)	4093,75	4093,75	3193,13	22%	3193,13	728,28	75%	736	53,85	92,5%	736	71,8	90%	736	6,62	99,1%	≤ 200
SST (mg/l)	200	200	100	50%	100	20	80%	61,25	3,68	94%	61,25	6,125	90%	61,25	0,4	99,3%	NE
SSEE (mg/l)	3000	3000	600	80%	600	60	90%	96,2	13,5	86%	96,2	4,8	95%	96,8	1,9	98%	≤ 50
HCT (mg/l)	2850	2850	570	80%	570	57	90%	50	7	86%	50	3,8	95%	50	1,6	98%	AUSENTE (< 1 mg/l)
Fenoles (mg/l)	30	30	30	0%	30	4,5	85%	4	1,2	70%	4	0,04	90%	4	0,08	98%	≤ 0,1

\* Tanto para el diseño de las unidades involucradas en cada alternativa como para la confección de esta tabla se tomó como referencia un valor perteneciente a cada rango de eficiencia correspondiente (Tabla VII).

\*\* Para simplificar los cálculos y el análisis, para el caso de la remoción de la materia orgánica, se tomaron valores de remoción de DQO de la tabla VII y luego se asumieron iguales para la DBO, asumiendo que ambos parámetros mantienen su proporción a lo largo de todo el tratamiento.

\*\*\* Para simplificar los cálculos y el análisis, se utilizó el mismo rango de remoción para SSEE y HCT.

Para finalizar, analizando las Tablas VII y VIII puede concluirse lo siguiente:

- Los rendimientos de remoción de DBO, DQO cumplen con el máximo permisible de vuelco en los tres casos analizados.
- La alternativa 1 es la más deficiente en cuanto a rendimiento de remoción de las sustancias fenólicas.
- En cuanto a la remoción de SST, la resolución no establece un límite máximo de vuelco para este parámetro, por lo cual no interfiere en la decisión final. Además, se estima que con el tratamiento terciario posterior se elimine la mayoría de los SST remanentes en el efluente.
- Con respecto a los HCT, las alternativas 2 y 3 son las más eficientes para hacerlo, y por tanto, las mejores puntuadas en la matriz de ponderación. La remoción de este compuesto quedará afinada por la posterior filtración con arena durante el tratamiento terciario (no mostrado en la tabla VII), en la cual se estima una remoción del 90% de su contenido, disminuyendo la concentración de HCT por debajo del máximo permisible, en ambas alternativas.

Como conclusión de este análisis, fueron las eficiencias de remoción de los HCT las seleccionadas para intervenir como criterio de evaluación en la matriz de ponderación. Al presente criterio se le asignó un peso del 30%, debido al estricto límite de vuelco establecido por la normativa de ACUMAR con respecto a estos contaminantes.

### ***7.1.3 Superficie ocupada***

El espacio ocupado es otro de los criterios más utilizados a la hora de seleccionar una solución ambiental, ya que se relaciona directamente con la eficiencia del tratamiento. Si bien el terreno en donde se localiza el proyecto cuenta con una amplia superficie, gran parte de la misma se encuentra limitada por estar programada una futura extensión del sector productivo, según lo declarado por el cliente, por lo cual la reducción del espacio ocupado es muy valorada por el mismo. Este criterio se ponderó con un 20% del peso total y asigna mayor puntaje al menor espacio ocupado, y viceversa.

Según los cálculos de dimensionamiento realizados, las alternativas 1 y 2 ocuparían una superficie de 29 y 16 m<sup>2</sup> respectivamente, mientras que la alternativa 3 implica una superficie total de 1 hectárea, superando mensurablemente a las primeras (Tabla IX).

*Tabla IX.* Superficies estimadas ocupadas por cada sistema de tratamiento biológico en m<sup>2</sup> y los métodos de cálculos utilizados para el dimensionamiento de las mismas.

Superficies ocupadas				
	Unidad de operación	Superficie (m2)	Método de Cálculo	Superficie Total (m2)
<b>Alternativa 1</b>	LP	6,0	(Eckenfelder, 2000)	29
	LA	9,0	(Eckenfelder, 2000)	
	Sedimentador 2° (x2)	14	(Metcalf & Eddy, 2003)	
<b>Alternativa 2</b>	PACT	9	(Eckenfelder, 2000)	16
	Sedimentador 2°	7	(Metcalf & Eddy, 2003)	
<b>Alternativa 3</b>	L. Anaeróbica	94	Modelo Carga Orgánica Volumétrica	9349
	L. Aireada	330	(Metcalf & Eddy, 2003)	
	L. Facultativa	650	Yañez	
	Humedal	8275	(Crites, Middlebrooks, Bastian, & Reed, 2014)	

#### 7.1.4 Flexibilidad operativa

La flexibilidad operativa refiere a la capacidad de una planta de tratamiento para mantener un mismo rendimiento de operación adaptándose a cambios referidos al efluente o a las exigencias de la normativa. Este criterio posee el 10% del peso de ponderación y se consideró por dos razones:

- El efluente industrial es generado como resultado de distintos procesos batch, lo cual implica la generación de diferentes picos de concentraciones asociados a los productos que se demanden. Esta condición obliga que exista una solución que pueda abordar estas

variaciones sin descuidar el rendimiento del tratamiento ni superar el límite permisible de vuelco.

- Además de localizarse dentro de la cuenca alta del Matanza-Riachuelo, área estrictamente regulada, el cuerpo receptor viable para este proyecto (suelo) exige condiciones muy estrictas de concentración de contaminantes, lo cual requiere de un tratamiento flexible que se adapte a posibles cambios de las concentraciones del efluente y sea capaz de mantener un alto rendimiento aproximadamente constante que cumpla con las exigencias de la normativa.

Tanto la alternativa 1 como la alternativa 2 se encuentran compuestas por operaciones unitarias cuyas variables operativas dependen de los caudales de recirculación y/o caudales de aireación forzada. Asimismo, la alternativa 2 introduce la variable adicional establecida por la concentración de carbón activado, la cual puede ser modificada en función de la necesidad de tratamiento. Estos parámetros pueden ser fácilmente manipulables por un operador capacitado, sin la necesidad de modificar el tamaño de las unidades. En cambio, si bien la alternativa 3 posee la ventaja de diluir los contaminantes por el gran tamaño de sus unidades, es difícilmente manejable externamente, siendo la potencia o cantidad y disposición de los aireadores de la laguna aireada la única variable manipulable por los operadores. Por dicha razón se le asignó alto puntaje de flexibilidad a las primeras dos alternativas y bajo puntaje a la tercera.

### **7.1.5 Liberación de VOC's**

El último criterio tenido en cuenta refiere a la liberación de Compuestos Orgánicos Volátiles. Esto fue tenido en cuenta exclusivamente por la composición del efluente industrial, rico en HCT. Se le asignó un 10% del peso de ponderación y se consideró relevante ya que las emisiones generadas por estos compuestos generan atmósferas peligrosas en el área de trabajo, convirtiéndose en un riesgo tanto para el ambiente como para los mismos trabajadores y vecinos del área circundante. A su vez, este parámetro es crítico a la hora de las inspecciones por parte de las autoridades de aplicación.

La alternativa que menor emisión de VOC's implica y/o que presente unidades más sencillas de cubrir obtiene el mayor puntaje y viceversa. En este caso, la alternativa 2

obtuvo el mayor puntaje, ya que sólo implica la cobertura de un reactor biológico de 9 m<sup>2</sup> de superficie; mientras que la alternativa 3 obtuvo el peor puntaje por implicar la cobertura total de una laguna aeróbica y la imposibilidad de realizar una cobertura en la laguna aireada (también propensa a liberación de VOCs por agitación).

## 7.2 Matriz de ponderación

En base a la memoria descriptiva, la matriz de eficiencias expuestas previamente y un diseño preliminar realizado con cada alternativa, se confeccionó la siguiente matriz de ponderación (Tabla X). En la misma se le asignó un peso determinado a cada criterio y se evaluaron las alternativas con una escala del 1 al 5, en la cual 1 es la peor condición y 5 la mejor.

Tabla X. Matriz de ponderación.

Ponderación de Alternativas							
Criterio	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Lecho Percolador + Lodos Activos	Puntaje	Proceso PACT + WAR	Puntaje	Tren de lagunajes	Puntaje
<b>Costos</b>	30%	4	1,2	5	1,5	1	0,3
<b>Remoción HCT</b>	30%	3	0,9	5	1,5	5	1,5
<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	20%	5	1	5	1	1	0,2
<b>Flexibilidad</b>	10%	5	0,5	4	0,4	1	0,1
<b>Liberación de VOCs</b>	10%	3	0,3	5	0,5	1	0,1
<b>Total</b>	100%		<b>3,9</b>		<b>4,9</b>		<b>2,2</b>

## 7.3 CONCLUSIONES

De los antecedentes detallados en este capítulo y los resultados de la matriz de ponderación se concluye que el sistema del reactor biológico PACT es la alternativa más adecuada para el presente proyecto, por alcanzar el mayor puntaje de evaluación.

A modo de conclusión, se puntúan a continuación las ventajas superadoras que ofrece la elección de esta alternativa:

- El proceso biológico con tecnología PACT es una tecnología innovadora, con gran eficiencia en remoción de fenoles, HCT y micro-contaminantes emergentes, asociada al proceso sinérgico de adsorción y biodegradación.
- Este proceso ofrece eficiencias de remoción muy similares a las provistas por el tren de lagunaje, pero ocupando una superficie mil veces menor.
- La adhesión de PCA al reactor de mezcla completa disminuye la liberación de VOC's a la atmósfera.
- Ofrece posibilidad de ampliación, mediante la instalación de unidades en paralelo, y posibilidad de variar el tipo y dosificación de PCA utilizado.
- Mediante el proceso de regeneración del PCA (proceso WAR) se hace posible la reutilización del carbón activado, disminuyendo ampliamente los costos asociados a su consumo.
- A su vez, mediante el proceso WAR es posible disminuir considerablemente el lodo generado durante el proceso PACT y los costos asociados a su disposición final.
- Emisión de VOC's reducida por posibilidad de cerrar el tanque de contacto y de instalar un sistema de colección de gases.

## CAPÍTULO 8: Memoria Descriptiva

El presente capítulo tiene como objetivo inmediato realizar una reseña de la configuración final de la planta de tratamiento con la alternativa seleccionada, incluyendo las dimensiones de cada unidad operativa.

### 8.1 PRETRATAMIENTO

#### **8.1.1 Desbaste**

La planta de tratamiento contará con dos sistemas de desbaste, instalados al inicio de la canalización de cada línea de efluentes (cloacales e industriales). Cada uno poseerá dos canales paralelos de hormigón armado, de 0,3 m de ancho y 0,24 m de profundidad. Las rejas alcanzarán un total de 0,38 metros de largo y estarán instaladas con una inclinación de 40 grados con la horizontal. Los barrotes serán de sección circular de 0,5 mm de diámetro y poseerán una separación de 30 mm, implicando un total de 9 barrotes por reja.

La única distinción entre las geometrías de los sistemas de desbaste entre ambas líneas es que la del efluente cloacal llevará una tapa de 0,6 m x 2,6 m, para evitar la emanación de malos olores.

#### **8.1.2 Separación de agua y aceite**

La separación de agua y aceite se llevará a cabo mediante el separador API, que poseerá 10 metros de largo, 2 m de ancho y 1 m de profundidad. Al igual que el desbaste, presentará 2 canales en paralelo, de 1 m de ancho cada uno. Éste será instalado a 3 m debajo del nivel del suelo en un recinto de concreto.

El material de construcción del tanque será hormigón armado. Los accesorios como cadenas y paletas de arrastre y engranajes serán de acero inoxidable 304.

#### **8.1.3 Pozo de Bombeo**

El pozo de bombeo incluido en la línea de tratamiento cloacal será construido en hormigón armado y tendrá una profundidad de 4 metros, con un ancho y un largo de 3

metros, implicando un volumen de 36 m<sup>3</sup>. Como accesorio, llevará la bomba sumergible Espa Vigicor.

#### **8.1.4 Tanque de homogeneización**

El tanque de homogeneizador ocupará un volumen de 265,07 m<sup>3</sup>, con diámetro de 7,5 m y 6 metros de altura. Será instalado por debajo del nivel del suelo aguas abajo del tanque API y previo al proceso de coagulación. También será construido de hormigón armado y estará instalado en un recinto de concreto.

## **8.2 TRATAMIENTO PRIMARIO**

### **8.2.1 Coagulación y floculación**

El tratamiento primario se conforma de los procesos de coagulación – Floculación y Flotación, llevados a cabo mediante tres unidades operativas independientes. Todas éstas se encontrarán instaladas sobre una estructura metálica elevada a 4,35 m sobre el nivel del suelo.

La cámara de coagulación consistirá en un tanque agitado de 0,04 m<sup>3</sup>, con un diámetro de 0,31 metros y una altura de 0,6 m. Requerirá de una turbina tipo 1 radial de 6 paletas.

La cámara de floculación, de geometría idéntica a la anterior, poseerá un volumen de 4,77 m<sup>3</sup>, un diámetro de 1,7 m y una altura de 2,1 m.

Ambos tanques serán hechos a medida en acero inoxidable 304.

### **8.2.2 Flotación**

El sistema DAF ocupará un volumen de 2,05 m<sup>3</sup>, será de geometría rectangular con un área superficial de 1,25 m<sup>2</sup> y una altura de 1,8 m. La cámara presurizadora asociada se instalará a su lado. Tendrá un volumen de 0,061 m<sup>3</sup> y poseerá una geometría cilíndrica de 0,38 m de diámetro y 0,55 m de alto. Ambas unidades estarán apoyadas sobre la estructura metálica anteriormente mencionada.

El tanque DAF será construido a partir de hormigón armado. La cámara presurizadora, y los accesorios asociados al tanque DAF (cadenas, engranajes y batea de grasas) serán de acero inoxidable 304.

## 8.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

### **8.3.1 Reactor PACT**

El reactor biológico será de geometría cilíndrica, de 1,7 m de diámetro y una profundidad de 4,8 m. Como componentes accesorios posee 25 aireadores de burbuja fina, el soplador de aire y el dosificador de carbón activado.

El material de construcción será hormigón armado, al igual que las columnas de soporte que lo mantendrán elevado del suelo.

### **8.3.2 Sedimentador**

El sedimentador poseerá un diámetro de 3 m y una profundidad de 4 metros. En la zona de entrada, poseerá un baffle de disminución de velocidad del efluente, de 1,4 m de diámetro y 1,6 m de altura. El tubo de conducción de la entrada del efluente tendrá un diámetro igual a 0,5 m.

La tolva de lodos poseerá una inclinación de 45 grados con la horizontal y una altura de 1,38 m.

Como componentes accesorios posee las bombas de recirculación y purga de lodos Espa Drainex 200.

### **8.3.3 Espesador de lodos**

A 2 metros de distancia perpendicular al sedimentador se ubicará el espesador de lodos. Este posee una geometría circular de 2 metros de diámetro y 4 m de profundidad. A su vez, también cuenta con una poceta de lodos de 0,4 m de altura con 40% de pendiente. El componente accesorio de esta unidad es la bomba de impulsión de lodos Espa Drainex 200 que transportará los lodos espesados hacia un contenedor anexo.

Como proceso contiguo a este tratamiento, se encuentra el sistema WAR, no dimensionado en este trabajo por tratarse de un servicio tercerizado.

## 8.4 TRATAMIENTO Terciario

### **8.4.1 Filtración**

Finalmente, el efluente clarificado fluirá desde el sedimentador hacia el filtro lento de arena. Éste poseerá dos cuerpos idénticos de 6,5 m de largo x 3 m de ancho x 2,1 m de altura cada uno. Esto resulta en un área superficial de 20 m<sup>2</sup> por módulo.

El material de construcción será hormigón armado para la estructura y ladrillos para el sector de drenaje.

### **8.4.2 Cloración**

La cámara laberíntica de cloración tendrá un volumen de 2,64 m<sup>3</sup>, con una dimensión rectangular de 1 m de ancho por 1,2 m de alto y 2,2 m de largo. Poseerá un total de 17 tabiques, generando 18 canales de 6 cm de ancho.

Esta unidad también será construida de hormigón armado con paneles de acero inoxidable 304.

## CAPÍTULO 9: Memoria de cálculo

En el presente capítulo se detallan las metodologías de diseño de cada unidad de tratamiento de la alternativa seleccionada. Se establecen los criterios asumidos y las consideraciones prácticas de funcionamiento, basados en los rangos recomendados por bibliografía de cada parámetro interviniente. Se incluye también un detalle de los sistemas de bombeo y conducción y de los equipos accesorios de medición y dosificación. Finalmente, se detallan recomendaciones de gestión, operación y mantenimiento de la planta.

### 9.1 PRE-TRATAMIENTO

#### ***9.1.1 Desbaste de efluentes industriales***

Una vez ingresado al sistema de cañerías del área de producción, el efluente crudo generado se transporta por gravedad hacia uno de los canales de hormigón, a partir del cual será conducido hacia las rejillas de desbaste, que consiste en un sistema de rejillas de limpieza manual.

Las rejillas están instaladas en dos canales paralelos de hormigón armado, diseñados específicamente para esta operación. Cada uno tiene un ancho de 0,30 m y un largo de 0,6 m y cuenta con 9 barras de 5 mm de ancho y 10 espacios de 30 mm de ancho. Se operará un canal a la vez, siendo el segundo utilizado en caso de mantenimiento o reparaciones. Los residuos acumulados estarán conformados por sólidos gruesos y, luego de ser retirados y son enviados a disposición final.

#### *Dimensionamiento de la unidad*

El diseño del sistema se realizó con el caudal máximo ( $Q_{max}$ ), verificándose para el caudal medio horario durante la jornada de trabajo ( $Q_m$ ). Los parámetros de diseño para las rejillas y canales (Tabla XI) fueron adoptados según bibliografía.

Tabla XI. Parámetros de diseño para los canales y las rejas circulares de limpieza manual.

Canales de desbaste	
Cantidad (Unidades)	2
Ancho de canal, $ac$ (m)	0,30
Resguardo, $r$ (m)	0,20
Porcentaje Atascamiento, $A$ (%)	30
Rejas	
Geometría	Circular
Coficiente, $\beta$	1,79
Ancho de barra, $a$ (mm)	5 -15
Profundidad de barra, $w$ (mm)	25 - 75
Separación entre barras, $b$ (mm)	25 - 50
Pendiente, ( $^{\circ}$ )	30 $^{\circ}$

Se toman valores para las velocidades máxima y media de paso a través de las rejas según las recomendaciones de bibliografía:

Velocidad media de paso ( $V_m$ ) = 0,35 m/s

Velocidad máxima de paso ( $V_{m\acute{a}x}$ ) = 1,2 m/s

Teniendo en cuenta la velocidad máxima y la velocidad promedio de paso del flujo a través de las rejas, se calcula la sección requerida de canal como resultado del promedio de las mismas, siendo:

$$Sp = \frac{Sp \acute{m}ax + Sp \acute{m}in}{2} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$Sp \acute{m}ax = \frac{Vm}{Qm} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$Sp \text{ mín} = \frac{Vmáx}{Qmáx} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde,

Sp: Sección del canal requerida (m<sup>2</sup>) = 0,007

Sp máx: Sección máxima del canal para que se verifique la velocidad media de paso recomendada a caudal medio (m<sup>2</sup>).

Sp mín: Sección mínima del canal necesaria para verificar la velocidad máxima de paso recomendada a caudal máximo (m<sup>2</sup>).

Qm: Caudal medio horario durante la jornada laboral (m<sup>3</sup>/s) = 0,0034

Qmáx: Caudal máximo horario durante la jornada laboral (m<sup>3</sup>/s) = 0,005

Teniendo en cuenta el porcentaje de atascamiento, se calcula el coeficiente de atascamiento (Ca), y con el mismo, la sección requerida para el canal (Sc):

$$Ca = 1 - \frac{A}{100} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$Sc = \frac{Sp}{Ca} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde,

Ca: Coeficiente de atascamiento = 0,7

Sc: Sección del canal (m<sup>2</sup>) = 0,01

Se estableció un ancho mínimo de canal (ac) de 0,3 m, el cual permite la limpieza manual con rastrillo. En base a esta medida, se calculó la altura del flujo cinético a través del canal:

$$hv = \frac{Sc}{ac} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde,

$h_v$ : Altura del flujo cinético en el canal = 0,033 m

Teniendo en cuenta las dimensiones seleccionadas para las barras, expuestas en la Tabla XI, se calcula la cantidad de barrotes y espacios necesarios para cubrir el área de canal resultante:

$$n^{\circ} \text{ espacios} = \frac{ac-b}{a+b} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$n^{\circ} \text{ de barras} = n^{\circ} \text{ espacios} - 1 \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde,

Ac: Ancho del canal [mm] = 300

b: Separación entre barras [mm] = 25

a: ancho de la barra [mm] = 5

Se obtuvo como resultado 9,16 espacios, para lo cual se redondeó en un total de 10 espacios; obteniendo entonces un total de 9 barras y una separación real entre barras de 30 mm.

Con todos los parámetros obtenidos se calcula la pérdida de carga ( $h_L$ ) a fin de verificar que se encuentre dentro de los parámetros recomendados:

$$h_L = \beta * \left(\frac{w}{a}\right)^{\frac{3}{4}} * h_v * \sin(\theta) \quad \text{Ecuación 9}$$

Se obtiene como resultado un  $h_L$  de 4,45 mm, quedando debajo del valor crítico establecido en 150 mm, lo que verifica la viabilidad del dimensionamiento.

Considerando una altura de resguardo de 0,2 m, se calcula el alto del canal, que resulta en 0,24 m. La longitud de la reja se calcula por trigonometría con los grados que forma con la horizontal y el alto final del canal, resultando en 0,38 m.

Teniendo en cuenta el espacio ocupado por la reja, se determina el largo total requerido del canal, igual a 0,6 m (30 cm ocupados por la reja más 30 cm de espacio previo a la reja).

A continuación, se resumen todas las medidas obtenidas en la Tabla XII:

Tabla XII. Resumen de las dimensiones finales para los canales y las rejas del sistema de desbaste de la línea industrial

Canales	
Cantidad (u)	2
Alto (m)	0,24
Ancho (m)	0,30
Largo (m)	0,30
Caudal medio (m <sup>3</sup> /h)	12,25
Velocidad de paso (m/s)	0,50
Altura del flujo cinético, hv (m)	0,033
Perdida de carga, hl (mm)	4,45
Rejas	
Número de barras (u)	9
Número de espacios (u)	10
Diámetro de barra (mm)	5
Distancia entre barras (mm)	30
Largo de la reja (m)	0,38
Ángulo con la horizontal (°)	40

### 9.1.2 Separación de grasas y aceites: Separador API

La base de partida para el diseño del separador API es la velocidad ascensional de las gotas de aceite, de acuerdo con la ley de Stockes, estandarizada para partículas de diámetro menos a 0,00015 m (Ecuación 10):

$$V_{As} = \frac{0,0241 (S_w - S_0)}{\mu} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$$V_{As} = \text{Velocidad ascensional del aceite } \left(\frac{m}{s}\right)$$

$$g = \text{constante gravitatoria } \left(\frac{m}{s^2}\right) = 9,81$$

$$S_W = \text{Densidad del agua a } T^\circ \text{ diseño } (10^\circ C) \left(\frac{kg}{m^3}\right) = 999,7$$

$$S_0 = \text{Densidad del aceite a } T^\circ \text{ de diseño } (10^\circ C) \left(\frac{kg}{m^3}\right) = 887$$

$$d = \text{diámetro de la partícula } (m) = 0,00015 \text{ m}$$

$$\mu = \text{Viscosidad a } T^\circ \text{ de diseño } (10^\circ C) (Pa * s) = 0,001308$$

La  $V_{As}$  obtenida fue de 0,0011 m/s. Como la norma establece los parámetros de diseño en unidades inglesas, a partir de esta instancia se comienza a dimensionar con las mismas, para mayor comodidad. Con el valor de velocidad ascensional obtenido (equivalente a 0,208 ft/min), se procede a calcular la velocidad horizontal del agua, aplicando la Ecuación 11.

$$V_H = 15 * V_{As} \quad \text{Ecuación 11}$$

Siendo:

$$V_H: \text{Velocidad horizontal del agua [ft/min]} = 3,12 \text{ (Recomendado por la norma: } V_H < 3 \text{ ft)}$$

Como el valor de  $V_H$  obtenido supera al recomendado, se toma 3 ft como valor final de  $V_H$ .

Luego, se calcula la sección transversal mínima requerida para lograr una separación óptima (Ecuación 12):

$$A_C = \frac{Q_m}{V_H} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$$A_C: \text{Área trasversal mínima [ft}^2] = 1,37$$

$$Q_m: \text{Caudal máximo [ft}^3/\text{min]} = 4,12$$

*\*Cabe aclarar que en este caso el caudal máximo corresponde al caudal de diseño, correspondiente al caudal de salida del homogeneizador ( $7\text{m}^3/\text{h} = 4,12\text{ft}^3/\text{min}$ )*

Con dicho valor, se procede a estimar el número mínimo de canales. Para ello, se asume que la dimensión del canal práctico más grande posible posee un ancho de 20 ft y una profundidad de 8 ft. El área transversal resultante es de 160 ft<sup>2</sup>. De esta forma se calcula el número de canales mínimo ( $n_{\min}$ ) como:

$$n_{\min} = \frac{A_c}{160} \quad \text{Ecuación 13}$$

Cuyo valor mínimo recomendado es de  $n=2$ , para facilitar las operaciones de mantenimiento sin necesidad de derivar todo el separador. Como resultado de la Ecuación 13, se obtuvo un  $n_{\min}$  igual a 0,008, por lo cual se seleccionaron 2 canales.

Paso siguiente se seleccionó el ancho de los canales, teniendo en cuenta que las medidas de los canales estándar para fabricantes americanos se encuentran entre 5 ft hasta 20 ft en incrementos de 1 ft. El ancho de canal seleccionado fue igual a 6 ft.

Una vez escogido el ancho de canal, se procedió a calcular la profundidad mínima requerida, según la Ecuación 14:

$$d = \frac{A_c}{B \cdot n} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

D: Profundidad del canal [ft] = 0,11

B: Ancho del canal [ft] = 6

Teniendo en cuenta que los valores aceptados de profundidad se sitúan entre 3 ft a 8 ft y que la relación profundidad/ancho recomendada por la norma está comprendida en un rango de 0,3 a 0,5, se seleccionó una profundidad de canal igual a 3 ft.

Finalmente, se calculó la longitud de los canales. Sabiendo que:

$$L = F * \frac{Q}{V_{As} * B} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde,

L: Longitud del canal [ft]

F: Factor de corrección para turbulencias y cortocircuitos hidráulicos

Q: Caudal de diseño [ft/min]

El factor F de corrección está dado por la relación entre la velocidad longitudinal y la velocidad ascensional del aceite y se añade para tomar en cuenta la turbulencia y cortocircuito generados en el flujo. Se determina a partir de la Ecuación 16 a continuación:

$$F = 0,005 * Y^2 + 0,0355 * Y + 0,9617 \quad \text{Ecuación 16}$$

Siendo:

$$Y = \frac{V_H}{V_{As}} = \text{Relación entre velocidad horizontal y ascensional.}$$

Como resultado, se obtuvo un F=0,98 y una L=1,62 ft. Como dicho resultado no cumple con la relación establecida de L/B > 5, se tomó como longitud mínima L = 30 ft, equivalente a 5 veces el ancho, tal como lo establecido por la norma.

En base a dichos parámetros mínimos calculados en el sistema de unidades inglesas, se calcularon los equivalentes en el sistema de unidades internacional, volcados en la Tabla XIII a continuación:

*Tabla XIII.* Parámetros y dimensiones finales establecidas para la pileta API en unidades del Sistema Internacional.

Separador API	
Canales (unidades)	2
Ancho (m)	2
Longitud (m)	10

Profundidad (m)	1
Área superficial (m <sup>2</sup> )	40

### 9.1.3 Tanque de homogeneización

Luego de su paso por el separador API, el efluente industrial es dirigido al tanque de homogeneización mediante flujo a gravedad.

Como se ha descrito anteriormente, el efluente industrial generado es muy variable a lo largo de la jornada productiva debido a la naturaleza de los procesos involucrados. Para un mayor entendimiento, se expone en la Figura 29 un *Schedule* representativo de los procesos llevados a cabo en la fábrica durante un día laboral, en donde es posible visualizar el rango de horarios en los que se producen las mayores descargas de efluentes, correspondientes a los lavados de los tanques (W) y las limpiezas del sector de producción (L).

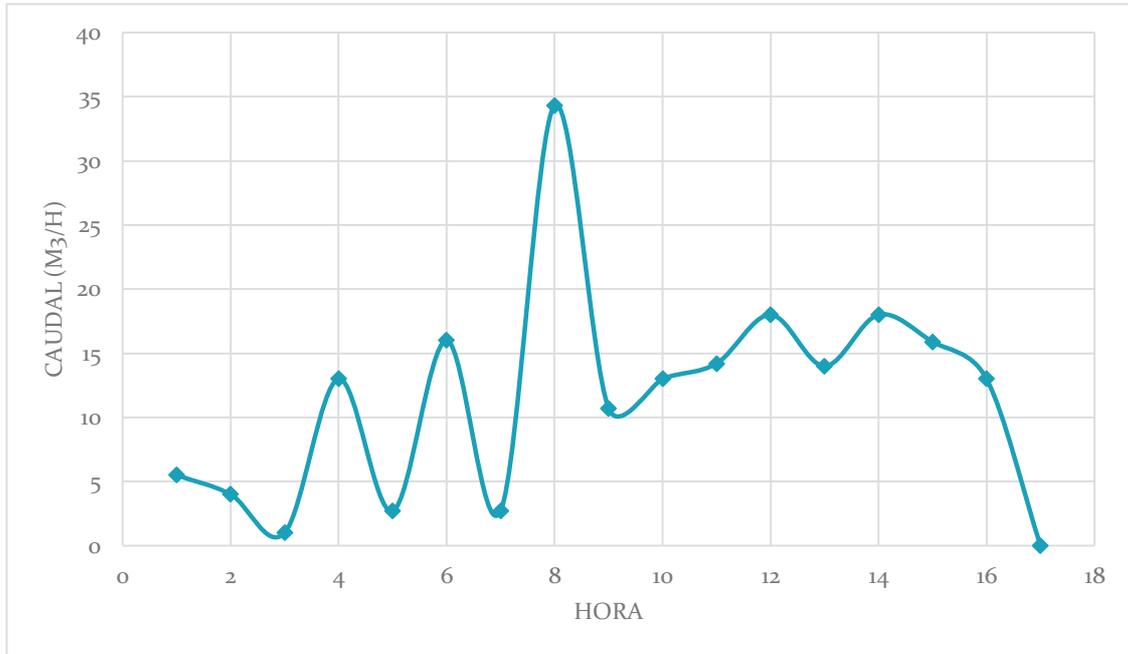


Figura 29. Schedule del proceso productivo de la fábrica en estudio. Se representan los procesos de Reacción (R), Mezclado (M), Envasado (E), Control de stock (S), Lavado de equipos (W) y limpieza del establecimiento productivo (L). No se incluyen las descargas de los ensayos del laboratorio (por ser despreciables frente a las aguas de lavado) y eventos ocasionales como pueden ser derrames accidentales.

Como puede observarse, los eventos generadores de las descargas de efluentes (W y L) se distribuyen, en promedio, intermitentemente a lo largo de toda la jornada laboral. En la Figura 30 se representa la variación típica de caudal final generado a lo largo de la jornada, resultado de la sumatoria de la totalidad de las descargas realizadas. En la misma, pueden

distinguirse 6 picos máximos (a las 6, 9, 11, 13, 17 y 18 horas) y 6 picos mínimos (a las 8, 10, 12, 15, 18 y 22), correspondiendo con los eventos expuestos en el Schedule de la Figura 29.

Figura 30. Caudal medio horario de efluente industrial generado durante la jornada laboral



La configuración seleccionada para el diseño de esta unidad corresponde a tanque de equalización de volumen variable, muy recomendado para aplicaciones industriales de volumen diario bajo.

A la salida del tanque, se ubica una bomba para la captación e impulsión del efluente hacia la siguiente unidad de tratamiento.

### *Dimensionamiento de la unidad*

El cálculo del volumen de la cámara se determinó gráficamente, mediante el método propuesto por Eckenfelder (2000). El primer paso fue obtener el caudal medio diario del efluente con la proyección del aumento del 30% de la producción. Sabiendo que actualmente la industria produce 40 m<sup>3</sup> producto/día y genera un caudal de 9,04 m<sup>3</sup> efluente/h (Tabla VI) (ó 144 m<sup>3</sup> efluente/día), se calculó el índice de generación de efluente, que resultó en 3,62 m<sup>3</sup> efluente/m<sup>3</sup> producto.

Al aplicar el incremento del 30% de la producción, se obtuvo una generación de 54 m<sup>3</sup> producto/día, lo cual, multiplicado por el índice de generación anteriormente obtenido, se obtuvo un caudal medio diario (durante la jornada laboral) de 12,25 m<sup>3</sup>/h.

Teniendo en cuenta que la fábrica opera durante 16 horas diarias de lunes a sábado, el caudal medio horario se obtuvo mediante la Ecuación 17:

$$Qm \text{ horario } \left( \frac{m^3}{h} \right) = Q \text{ medio diario } \left( \frac{m^3}{h} \right) * 16 \frac{h}{\text{dia}} * 6 \frac{\text{dias}}{\text{semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ dias}} \quad \text{Ecuación 17}$$

$$Qm \text{ horario} = 7 \frac{m^3}{h}$$

$$Qm \text{ diario} = 12,25 \frac{m^3}{h}$$

Una vez calculado el caudal medio generado por la planta a lo largo de todo una semana, se confeccionó el diagrama de la Figura 31, donde se graficaron el volumen acumulado y el volumen medio acumulado en función del tiempo. A su vez, se agregaron dos rectas paralelas y tangentes al volumen acumulado, que representan el volumen acumulado máximo y mínimo a lo largo del tiempo operativo:

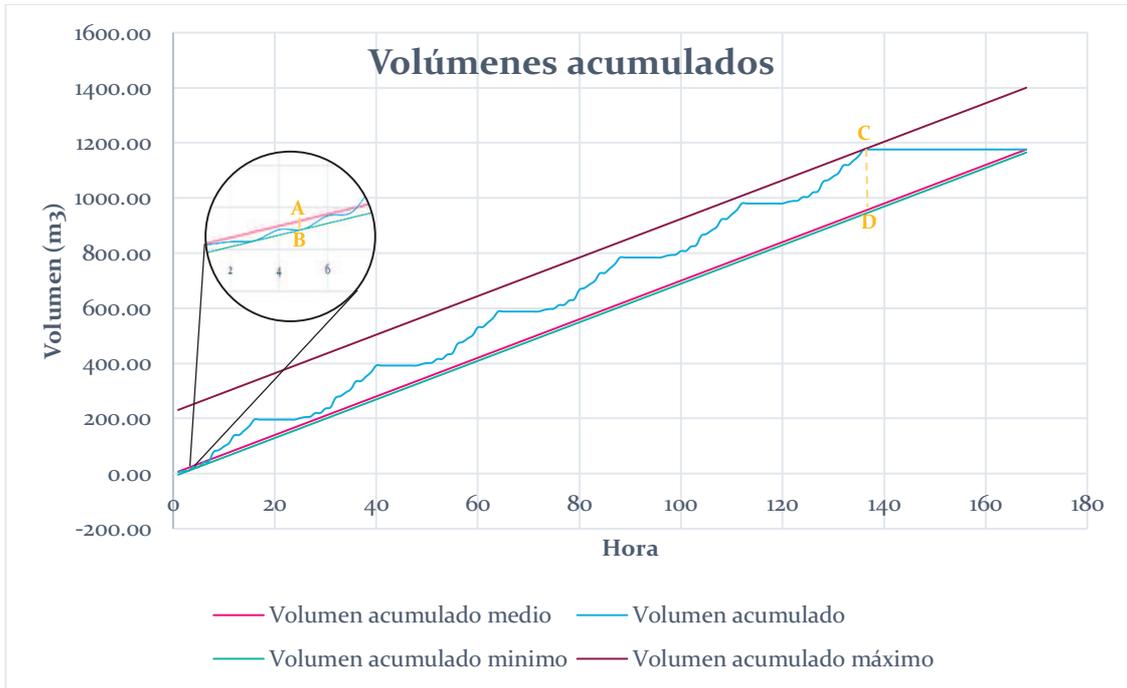


Figura 31. Gráfico de los volúmenes acumulados real, medio, máximo y mínimo.

El volumen teórico del tanque de equalización se calcula a partir de la suma de las distancias perpendiculares al punto de tangencia a la recta del volumen medio acumulado (segmentos AB y CD), representadas en la Figura 31 (Ecuación 18). En el punto B de tangencia, la cámara de equalización se encuentra vacía y, en el punto C, el líquido alcanza su volumen máximo acumulado.

$$V_t = V_{AB} + V_{CD} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde,

$V_t$ : Volumen teórico del tanque = 234,5 m<sup>3</sup>

$V_{AB}$  = Volumen mínimo requerido = 10,5 m<sup>3</sup>

$V_{CD}$  = Volumen máximo requerido = 224 m<sup>3</sup>

Con dicho valor, se diseñó un tanque de geometría cilíndrica, buscando una simetría de 1:1 entre el ancho y la profundidad. Adoptando un valor fijo para la profundidad, se obtuvo

el diámetro requerido para esta unidad. Cabe aclarar que la dimensión final del tanque se vio modificada en función de los ajustes de las dimensiones seleccionadas para el ancho y el alto, como muestra la Tabla XIV:

Tabla XIV. Dimensiones del tanque de homogeneización.

Tanque de homogeneización	
Volumen (m3)	265,07
Sección (m2)	44,20
Profundidad (m)	6,00
Diámetro (m)	7,50
Factor de seguridad	13%

Finalmente, con el caudal de salida se calcula el tiempo de retención hidráulico en el tanque:

$$T_R = V_r / Q \quad \text{Ecuación 18}$$

$T_R$ : Tiempo de retención hidráulico = 33,5 h

$Q$ : Caudal de salida = 7 m<sup>3</sup>/h

### Sistema de mezclado

Para garantizar una mezcla continua y homogénea, debido a la sección y altura del tanque, se decidió instalar un sistema de difusores de burbuja gruesa. Se seleccionaron los difusores de burbuja gruesa marca REPICKY modelo CB-300. Teniendo en cuenta que para obtener una mezcla óptima se necesita un caudal de aire de 0,037 m<sup>3</sup> / min.m<sup>3</sup> y que el caudal de diseño de los difusores CB-300 es de 10 Nm<sup>3</sup>/h, se obtuvo requerimiento total de 61 difusores, según:

$$Volumen_{Aire\ requerido} = Q_{Aire\ req} * V_{tk} * 60 \frac{min}{h} \quad \text{Ecuación 19}$$

$$N^{\circ} \text{ Difusores} = \frac{\text{Volumen Aire requerido}}{Q_{\text{diseño Difusor}}} \quad \text{Ecuación 20}$$

Siendo,

$$Q_{\text{Aire requerido}} = 0,0374 \frac{m^3}{m^3 * min}$$

$$V_{tk} = 265,7 m^3$$

$$Q_{\text{diseño difusor}} = 10 Nm^3/h$$

A partir de dichos cálculos, se obtiene un total de 60 difusores de burbuja gruesa, con una densidad de distribución de 1,4 difusores/m<sup>2</sup> que brindan un caudal total de aire de 600 Nm<sup>3</sup>/h. La fuente de aire estará brindada por un soplador marca REPICKY modelo R1200, que trabaja con un caudal de 625 m<sup>3</sup>/h. Se recomienda la instalación de dos sopladores, uno operativo y el segundo de *backup*.

### *Requerimientos energéticos*

El único requerimiento energético de esta unidad se debe a la acción del soplador, cuya potencia de operación es de 11,34 KW.

#### **9.1.5 Desbaste de efluentes domiciliarios**

El sistema de desbaste de la línea de domiciliarios se calculó de la misma manera que el de la línea industrial. Debido a las dimensiones obtenidas en este último y considerando que el caudal domiciliario es menor al industrial, se decidió colocar un canal idéntico al anterior.

#### **9.1.6 Pozo de bombeo efluentes domiciliarios**

El procedimiento de diseño del pozo coincide con lo desarrollado en el Subtítulo 6.3.1: "Tanque de homogeneización del efluente industrial", a excepción del sistema de aireación,

ya que no es requerido en esta unidad. En este caso, el pozo de bombeo también hace las veces de equalizador, ya que se busca obtener un caudal continuo a la salida del mismo.

Para calcular el caudal medio horario de diseño de los efluentes domiciliarios, se tuvo en cuenta una proyección de adquisición de 15 empleados adicionales a los 180 empleados actuales. Se tomó un índice de dotación de agua de 0,18 m<sup>3</sup> por empleado diarios y se estimó que la generación de efluentes por cabeza corresponde al 80% de dicho caudal. Con dichos valores, se obtuvo un caudal medio diario de 28 m<sup>3</sup> de efluente/día durante la jornada. Esto resultó en un caudal medio horario de 1 m<sup>3</sup> efluente/h (Teniendo en cuenta que la jornada laboral es de 16 hr por día y 6 días por semana).

En las Figuras A1.12 y A1.13 del Anexo I es posible observar la variación de caudales registrada de los efluentes domiciliarios y el gráfico de volúmenes acumulados a partir del cual se obtuvo el volumen final del pozo, respectivamente.

En la Tabla XVI a continuación se especifican las medidas resultantes del diseño.

*Tabla XVI.* Dimensiones del pozo de bombeo de efluentes domiciliarios

Pozo de bombeo	
Volumen (m <sup>3</sup> )	36
Sección (m <sup>2</sup> )	9
Profundidad (m)	4
Ancho (m)	3
Largo [m]	3
Factor de seguridad	11,4%

### *Requerimientos energéticos*

El requerimiento energético de esta unidad se debe a la acción de la bomba sumergible, cuya potencia de operación máxima es de 1,2 KW.

## 9.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

### 9.2.1 Cámara de coagulación – Mezcla rápida

Para esta unidad se diseñó un tanque cilíndrico con sistema de mezcla mecánica mediante agitadores tipo turbina de flujo radial.

El efluente ingresa por la parte inferior de la unidad por conducción a gravedad desde la unidad anterior. A la salida, el efluente se recolecta por la parte superior de la unidad y se conduce por gravedad a través de una cañería de PVC hasta la próxima unidad de tratamiento.

#### *Dimensionamiento de la unidad*

Fijando el tiempo de permanencia, se obtiene el volumen de la unidad con el caudal de diseño resultante de la unión de ambos efluentes (Ecuación 21):

$$V_{tk} = Q * T_p \quad \text{Ecuación 21}$$

Q: Caudal = 7 m<sup>3</sup>/h

T<sub>p</sub>: Tiempo de permanencia = 20 segundos (valor adoptado)

V<sub>tk</sub>: Volumen del tanque = 0,04 m<sup>3</sup>

Adoptando un valor de profundidad, se obtiene el diámetro:

$$V_{tk} = H * A \quad \text{Ecuación 22}$$

$$A = \pi * \left(\frac{Dt}{2}\right)^2 \quad \text{Ecuación 23}$$

H: Profundidad = 0,5 m (valor adoptado)

A: Área superficial

DT: Diámetro = 0,31 m

Finalmente, sabiendo que la proporción ideal del ancho de los deflectores es el  $D_t/10$ , se calcula la medida de los mismos:

Largo de los deflectores = Alto del tanque = 0,5

Ancho de los deflectores = 0,032 m

### Sistema de mezcla

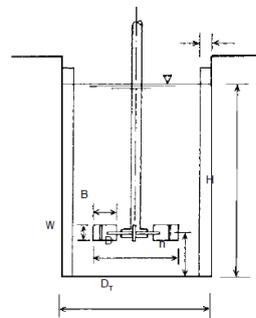
Este sistema de mezcla se encuentra conformado por una turbina de disco de 6 paletas de eje radial y un motor reductor de velocidad, adaptado para regular la agitación en función de la necesidad de la mezcla. Teniendo en cuenta los rangos de las relaciones geométricas entre la cámara y la turbina establecidas por bibliografía (Figura 32), se dimensiona la turbina adecuada para el tanque diseñado:

D: Diámetro de la turbina = 0,1 m

B: Largo de la paleta = 0,03 m

W: Alto de la paleta = 0,03 m

h: Distancia al fondo = 0,1 m



$$2,7 < D_t / D < 3,3$$

$$2,7 < H / D < 3,9$$

$$0,75 < h / D < 1,3$$

$$B / D = 1 / 4$$

$$W / D = 1 / 4$$

$$1 / D_t = 1 / 10$$

Figura 32. Relaciones geométricas establecidas para el tanque y la turbina. ENHOSA.

Tabla XVII. Dimensiones de la cámara de mezcla rápida

Tanque de mezcla	
Volumen (m3)	0,04
Sección (m2)	0,071
Profundidad (m)	0,6
Diámetro (m)	0,31
Factor de seguridad	20%
Ancho de deflectores (m)	0,03
Cantidad de deflectores (n°)	4
Sistema de Mezcla	
Diámetro (m)	0,14
Distancia (m)	0,14
Alto de la paleta, $W$ (m)	0,03
Ancho de la paleta, $b$ (m)	0,03

### Requerimientos energéticos

Para obtener la potencia disipada para el diseño de reactores con sistemas mecánicos de mezcla bajo régimen turbulento se utiliza la Ecuación 24:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu * V}} \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde,

G= Gradiente de velocidad medio (1/s)

P= Potencia disipada (W)

$\mu$  = Viscosidad dinámica (N\*s/m<sup>2</sup>)

V= volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

Adoptando un valor de G dentro del rango recomendado para la coagulación y reemplazando los demás valores teniendo en cuenta la temperatura media anual de 20°C, se obtiene la potencia de mezcla necesaria que la turbina debe entregar al sistema.

$$P= 25,6 \text{ W} \quad \text{Ecuación 25}$$

Calculada la potencia necesaria y escogidos el tipo y el número de diámetro de la turbina, se determina la velocidad de rotación (Ecuación X):

$$n = \sqrt[3]{\frac{P}{K\rho D^5}} \quad \text{Ecuación 26}$$

n: Número de rotaciones por segundo = 17,1 rps = 1028 rpm

K: número de potencia de la turbina = 5

$\rho$ : Densidad del fluido a 20°C

D: diámetro de la turbina

### *Dosificador de coagulante*

Para la dosificación del coagulante se propone la instalación de dosificadores volumétricos en la línea de entrada del efluente a la unidad de coagulación.

### **9.2.2 Cámara de floculación**

El efluente ingresa por la parte superior mediante una cañería que lo descarga cerca del fondo del tanque. A la salida, el efluente se recolecta por la parte superior de la unidad y se conduce por gravedad a través de una cañería de PVC hasta el tanque DAF.

### *Dimensionamiento de la unidad*

Para el dimensionamiento de la cámara de floculación se sigue el mismo procedimiento que para la mezcla rápida, pero respetando los parámetros recomendados específico para el proceso en cuestión. En primer lugar, se fija un tiempo de permanencia dentro del rango recomendado y se halla el volumen. Con dicho valor, se adopta una profundidad y se obtiene el diámetro del tanque.

$Q$ : Caudal = 7 m<sup>3</sup>/h

$T_p$ : Tiempo de permanencia = 30 minutos (valor adoptado)

$V_{tk}$ : Volumen del tanque = 3,97 m<sup>3</sup>

$H$ : Altura cámara de coagulación = 1,75 m (valor adoptado)

$D_t$ : Diámetro cámara de coagulación = 1,70 m

Respetando la proporción ideal del ancho de los deflectores es el  $D_t/10$  CITAR, se calcula la medida de los mismos:

Largo de los deflectores = Alto del tanque = 1,75

Ancho de los deflectores = 0,17 m

### *Sistema de mezcla*

Teniendo en cuenta los rangos de las relaciones geométricas entre la cámara y la turbina establecidas por bibliografía (Figura 33), se dimensiona la turbina adecuada para el tanque diseñado:

$D$ : Diámetro de la turbina = 0,5 m

$B$ : Largo de la paleta = 0,14 m

$W$ : Alto de la paleta = 0,06 m

$h$ : Distancia al fondo = 0,5 m

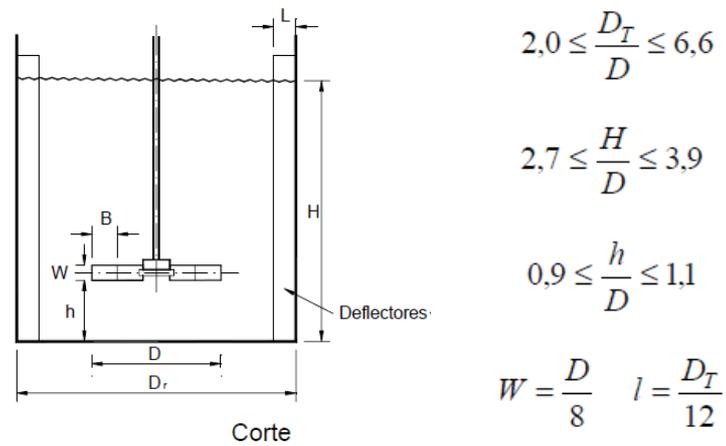


Figura 33. Relaciones geométricas entre el tanque de floculación y la turbina.

### Requerimientos energéticos

Mediante las Ecuaciones 24 y 26, se obtiene la potencia disipada y la velocidad de rotación del agitador:

$$G = 30 \text{ 1/s (valor adoptado)}$$

$$P = 3,6 \text{ W}$$

$$N = 32,1 \text{ rpm}$$

Tabla XVIII. Dimensiones de la cámara de floculación.

Tanque de mezcla	
Volumen (m <sup>3</sup> )	4,77
Sección (m <sup>2</sup> )	2,27
Profundidad (m)	2,10
Diámetro (m)	1,70
Factor de seguridad	20%
Ancho de deflectores (m)	0,17
Cantidad de deflectores (n°)	4
Sistema de Mezcla	
Diámetro (m)	0,47
Distancia (m)	0,47
Alto de la paleta, $W$ (m)	0,06
Ancho de la paleta, $b$ (m)	0,14

### 9.2.3 Flotación: Sistema DAF

#### Dimensionamiento de la unidad

Para el diseño de la presente unidad, se toman como referencia los rangos de valores recomendados por Metcalf & Eddy (2003) y Eckenfelder (2000), expuestos en la Tabla XIX a continuación:

Tabla XIX. Parámetros de diseño y rangos recomendados del tanque de flotación y la cámara presurizadora

Tanque de Flotación		
Parámetro	Metcalf & Eddy, 2003	Eckenfelder, 2000
% Recirculación	15 a 120	-
TRH (min)	1 a 15	20 a 30

Fracción de aire disuelto	0,86 a 0,9	0,5 a 0,9
A/S	0,005 A 0,06	-
Carga superficial (m <sup>3</sup> /min*m <sup>2</sup> )	0,008 a 0,16	0,061 a 0,163
Relación: Largo/Ancho	1,5-2	
<b>Cámara presurizadora</b>		
Parámetro	Metcalf & Eddy, 2003	Eckenfelder, 2000
Tiempo de retención (min)	2 a 5	1 a 3
P trabajo (atm)	2,75 a 3,5	3,4 a 4,8

Tal cual lo desarrollado en la memoria descriptiva, las bases de diseño del tanque de flotación DAF se encuentran establecidas por la proporción A/S, siendo:

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 * S_a * \left(f * \frac{P}{P_a} - 1\right) * Q_r}{S_A * Q} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde,

A/S: Relación aire/concentración de sólidos [ml aire/mg sólidos].

S<sub>a</sub>: Solubilidad del aire a 24°C [ml/l] = 17,6 ml/l (Metcalf & Eddy, 2003)

Q<sub>r</sub> = Caudal de recirculación [m<sup>3</sup>/h].

S<sub>A</sub>: Concentración de GyA [mg/l] = 450 mg/l

f: Fracción de aire disuelto a la presión P = 0,85 (valor adoptado) (Eckenfelder, 2000)

P = Presión absoluta [atm] = 4,5 atm

P<sub>a</sub> = Presión atmosférica [atm] = 1 atm

Q = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/h] = 7 m<sup>3</sup>/h

Para garantizar una remoción del 96% de la concentración de GyA (Según los rangos establecidos en la Tabla VII), equivalente a un efluente de aproximadamente 20 mg/l de GyA, se establece un A/S igual a 0,025, tal como se muestra en el gráfico de la Figura 34:

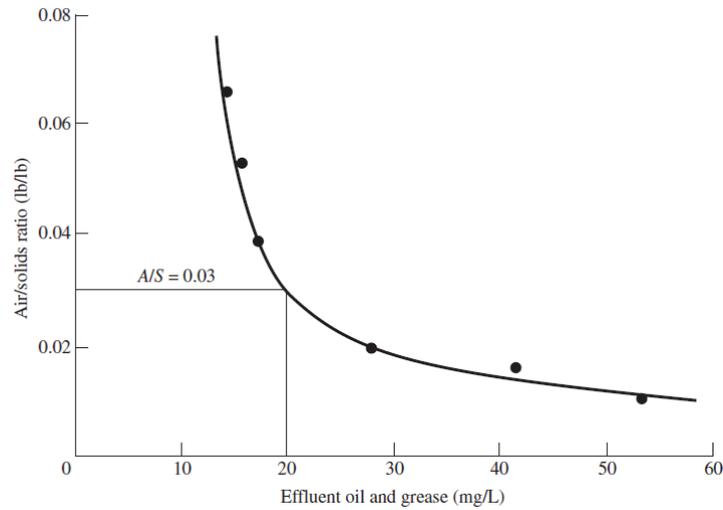


Figura 34: Efectos del A/S en la calidad del efluente (Eckenfelder, 2000).

Una vez establecido el A/S, es posible despejar el caudal de recirculación ( $Q_r$ ), siendo:

$$A/S = 0,025 \text{ (Valor adoptado)}$$

$$Q_r = 1,22 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Porcentaje de recirculación} = \frac{Q_r}{Q} * 100 = 17,4\% - \text{Cumple con Metcalf \& Eddy (2003)}$$

Posteriormente, se calcula el área superficial requerida, según la curva expuesta en la Figura 35, que representa el comportamiento de la carga superficial en función de la concentración de grasas y aceites en el efluente final.

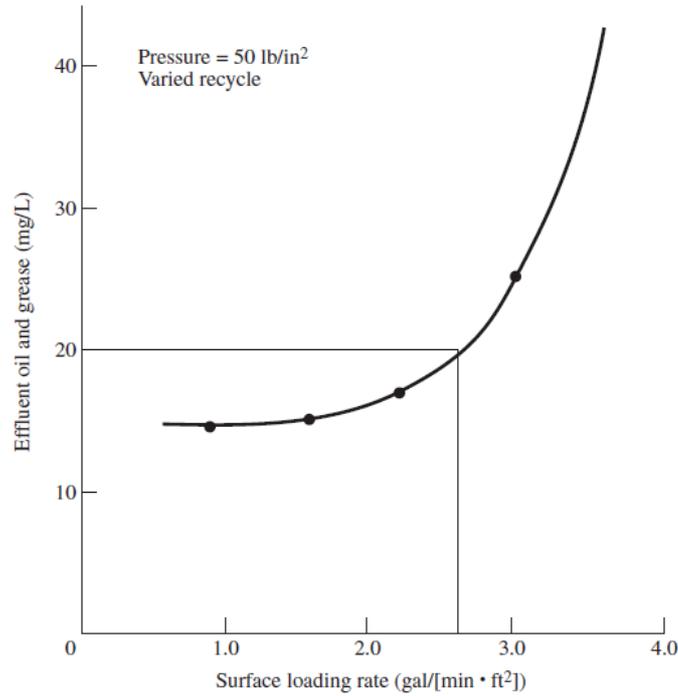


Figura 35. Determinación de la carga superficial.

Para un efluente final de 20 mg/l de GyA, se estima una carga superficial ( $C_s$ ) de 2,6 gal/min\* $ft^2$ , equivalente a 0,11 m<sup>3</sup>/min\*m<sup>2</sup>.

Con dicho valor, se despeja el área superficial requerida, según la ecuación X:

$$A_{sup} = \frac{Q+Qr}{C_s} \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde,

$C_s$ : carga superficial del efluente = 0,11 m<sup>3</sup>/min\*m<sup>2</sup>

$A_{sup}$ : área superficial del tanque de flotación = 1,25 m<sup>2</sup>

Luego, se determina el volumen del tanque adoptando un valor de tiempo de permanencia dentro del rango recomendado por bibliografía:

$T_p$  = 15 minutos (Valor adoptado)

$V_{tk}$  = 2,05 m<sup>3</sup>

Como resultado de la relación entre el volumen y el área superficial, se obtiene la una profundidad del tanque de 1,65 m

A partir del área superficial obtenida, se adopta un valor del largo y se verifica que cumpla con la relación de largo/ancho recomendada:

Largo: 1,60 m

Ancho: 0,78 m

Largo/ancho: 2,00

### *Sistema de Recolección y Descarga de Sólidos*

Para la eliminación de los sólidos flotados, se debe instalar un sistema desnatador de tracción eléctrica en la superficie del tanque de flotación. Se trata de un sistema de rasquetas, piñones y cadenas accionado por un motor reductor eléctrico que genera un movimiento continuo y desplaza los sólidos acumulados en la superficie hacia un contenedor de grasas. Los elementos principales del sistema son el mecanismo de arrastre y el sistema de accionamiento (Figura 36).

El mecanismo de arrastre consiste en un conjunto conformado por cadenas paralelas de arrastre y las rasquetas, fijadas a las mismas cada determinada cantidad de eslabones, como puede observarse en la Figura 36. Ambas estructuras están constituidas de acero inoxidable.

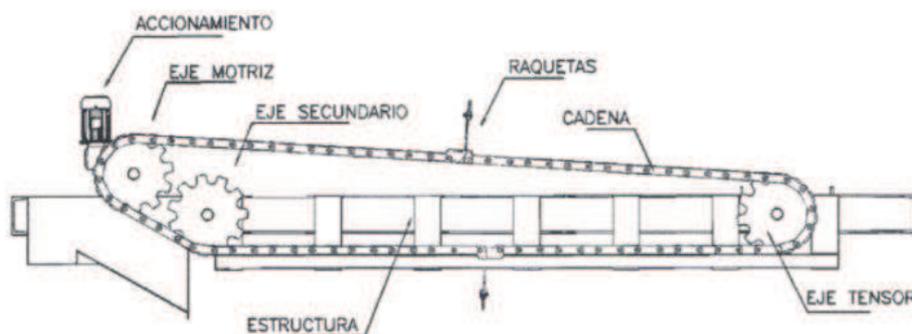


Figura 36. Sistema desnatador de flotantes.

El sistema de accionamiento se encuentra compuesto por un sistema de transmisión y un motorreductor. El sistema de transmisión lo componen un eje motriz unido al motorreductor y dos ejes conducidos (secundario y tensor). Asimismo, disponen de ruedas dentadas para engranar con las cadenas y transmitir el movimiento a todo el conjunto.

### *Cámara presurizadora*

Los parámetros de diseño tenidos en cuenta para el dimensionamiento de la cámara presurizadora están expuestos en la Tabla XIX. Teniendo en cuenta dichos rangos, se adopta un valor de tiempo de retención  $t_r$ , con el  $Q_r$ , se calcula el volumen de la cámara:

Tiempo de retención = 3 min (valor adoptado)

Volumen de la cámara = 0,061 m<sup>3</sup>

Se selecciona una geometría cilíndrica, con las siguientes dimensiones:

Profundidad = 0,55 m (Valor adoptado)

Radio = 0,19 m

P= 3 atm

Para garantizar el correcto funcionamiento del tanque de saturación se consideró la inclusión de una válvula de seguridad y un manómetro.

### *Requerimiento de aire*

El sistema de presurización se encuentra complementado con la inyección de aire comprimido a la misma cámara, posibilitando una adecuada saturación del agua. Para ello se requiere de la instalación de un compresor de aire que pueda cubrir los requerimientos del sistema.

Sabiendo que A/S es la relación entre el volumen de aire y la masa de sólidos, es posible despejar el caudal de aire requerido para el proceso. Entonces:

$$Q_{aire} = \frac{A}{S} * Q_{cont} \quad \text{Ecuación 29}$$

Donde,

$Q_{aire}$ : Caudal de aire (m<sup>3</sup> aire/h) = 0,08 m<sup>3</sup> aire/h

$Q_{cont}$ : Caudal de contaminante =  $Q_{diseño} * SA = 3,15$  kg contaminante/h

Dicho requerimiento puede ser completamente cubierto con un soplador Repicky R100 de 1HP de potencia.

### *Sistema de Bombeo*

Para un óptimo funcionamiento de esta unidad, se recomienda la instalación de 2 bombas: la principal, encargada de la recirculación del agua tratada hacia la cámara de presurización y de allí hacia el tanque de flotación y una destinada al bombeo de los sólidos, tanto los acumulados en el contenedor de flotantes como los sedimentados en el fondo del tanque de flotación.

La especificación y potencia de cada una se detalla en el apartado 8.7 Sistema de Impulsión.

Tabla XX. Dimensiones del sistema DAF

Tanque DAF	
Volumen [m <sup>3</sup> ]	2,25
Area superficial [m <sup>2</sup> ]	1,25
Profundidad [m]	1,8
Ancho [m]	0,78
Largo [m]	1,6
Factor de seguridad	10%
Colección de lodos	
Alto [m]	0,77
Ancho base mayor [m]	0,83
Ancho base menor [m]	0,15
Cámara Presurizadora	
Volumen [m <sup>3</sup> ]	0,061
Area superficial [m <sup>2</sup> ]	0,11
Diámetro [m]	0,38
Alto [m]	0,55
P trabajo [atm]	3

## 9.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

### 9.3.1 Reactor biológico: PACT

En la Figura 37 se observa un esquema del funcionamiento del tratamiento del sistema PACT. El efluente entra al reactor de mezcla completa y, una vez finalizado el período de contacto, pasa el sedimentador secundario. Allí, el sobrenadante clarificado fluye hacia la

siguiente unidad, mientras que los lodos precipitados se dividen en dos líneas: una se deriva al sistema WAR para luego ser recirculada y la otra se purga.

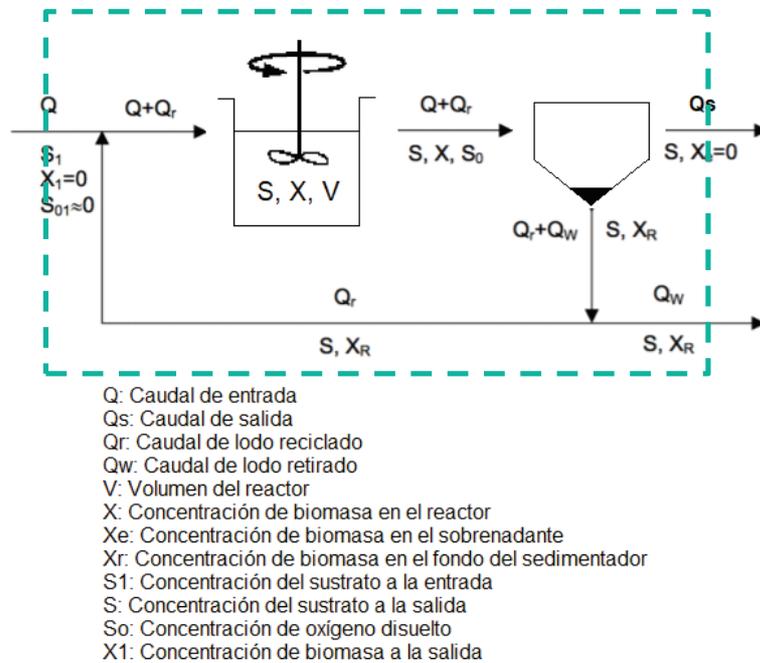


Figura 37. Esquema del sistema PACT con referencias y delimitación del volumen de control.

### Dimensionamiento de la unidad

El dimensionamiento del reactor biológico se realizó a partir de balances de masa planteados tanto para el flujo de los microorganismos, de sustrato y de caudal, considerando el volumen delimitado en la Figura 37. Los valores teóricos y las constantes fueron obtenidas de la tesis doctoral realizada por Saleh Mohammed Al-Muzaini (1987) de la Universidad de Rhode Island, en la cual realizó múltiples ensayos de tratamiento con reactores PACT variando el tiempo de residencia celular y el caudal de PAC aplicado al sistema.

Para el dimensionamiento del tanque, se aplicaron los siguientes balances de masa:

#### Balance de masa de microorganismos

Mediante el balance de masa de microorganismos es posible modelar el flujo de microorganismos en el sistema, que depende tanto de las concentraciones de entrada, salida y recirculación como así también las tasas de crecimiento y decaimiento de los mismos.

La tasa de crecimiento de la biomasa se define teniendo en cuenta que los microorganismos aumentan su cantidad en proporción a su masa, según:

$$r_g = \mu X \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

$r_g$ : Tasa de crecimiento bacteriano [g SSV/m<sup>3</sup>h]

$\mu$ : Tasa de crecimiento específico [1/h]

X: Concentración de microorganismos [g SSV/m<sup>3</sup>]

Asimismo, el sustrato actúa como factor limitante para el crecimiento de la microbiota. Es por ello que se utiliza el modelo desarrollado por Monod (Ecuación 31) para relacionar las tasas de crecimiento con la concentración de un nutriente limitante.

$$\mu = \mu_{max} * \frac{S}{K_s + S} \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde,

$\mu_{max}$ : Tasa de crecimiento máximo específico (h<sup>-1</sup>)

S: Concentración del sustrato limitante del crecimiento (mg/l)

$K_s$ : Afinidad de los microorganismos por el sustrato (mg sustrato/l)

Otro factor a tener en cuenta es el efecto del metabolismo endógeno. Esto supone una disminución de la biomasa de forma proporcional a la concentración de microorganismos presentes (decaimiento endógeno):

$$\frac{dX}{dt} = -k_d X \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde,

X: Concentración de microorganismos (g SSV/m<sup>3</sup>)

$k_d$ : Constante de decaimiento endógeno (1/h)

Combinando las Ecuaciones 31 y 32 se obtiene la Ecuación 33:

$$r_g' = \mu_{max} * \frac{XS}{K_s + S} - k_d X \quad \text{Ecuación 33}$$

Que responde al modelo llamado "Monod con decaimiento" y representa la variación constante de la concentración de microorganismos dentro del tanque.

De esta manera, se puede definir finalmente el balance de masa de microorganismos como:

$$V \frac{dx}{dt} = Q_o * X - (Q_s * X_s + Q_w * X_r) + V * (\mu_{\text{máx}} * \frac{X*S}{K_s+S} - K_d * X) \quad \text{Ecuación 34}$$

Donde,

V: Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

Dx/dt: Variación de la concentración de microorganismos en el tiempo.

Q<sub>o</sub>: Caudal de entrada (m<sup>3</sup>/d)

X: Concentración de biomasa en el reactor (mg/l)

Q<sub>s</sub>: Caudal de salida (m<sup>3</sup>/d)

X<sub>s</sub>: Concentración de biomasa a la salida del sedimentador (mg/l)

Q<sub>w</sub>: Caudal de purga (m<sup>3</sup>/d)

X<sub>r</sub>: Concentración de biomasa recirculada (mg/l)

S: Concentración de sustrato a la salida (mg/l)

Suponiendo que X<sub>s</sub> es cercano a cero y planteando un estado de operación estacionario (dx/dt nulo), el balance queda determinado como:

$$Q_w * X_r = V * (\mu_{\text{máx}} * \frac{X*S}{K_s+S} - K_d * X) \quad \text{Ecuación 35}$$

### Balance de masa de sustrato

El balance de masa de sustrato modela el flujo de la materia orgánica en el sistema, determinado por la materia orgánica que ingresa desde la unidad anterior, la materia orgánica que egresa luego del tratamiento biológico y la materia orgánica que se consume dentro del reactor como consecuencia del crecimiento bacteriano y el mecanismo de adsorción en el polvo de carbón activado.

La relación entre la tasa de crecimiento y el grado de utilización del sustrato queda representada en la Ecuación 36:

$$\mu = -\frac{1}{X} \frac{dX}{dt} \quad \text{Ecuación 36}$$

Donde,

y: Relación entre la masa de microorganismos formados y el sustrato consumido (g SSV/g sustrato)

Rsu: Grado de utilización del sustrato (g/m<sup>3</sup>h)

Combinando las Ecuaciones 31 y 36, se obtiene la Ecuación 37:

$$rsu = \frac{-\mu_{max}}{y} * \frac{X*S}{(K_S+S)} \quad \text{Ecuación 37}$$

De esta manera, el balance de masa de sustrato queda definido según la Ecuación 38:

$$V \frac{ds}{dt} = Q_0 * S - (Q_s + Q_w) * S - V * \left( \frac{\mu_{max}}{Y} * \frac{X*S}{K_S+S} \right) \quad \text{Ecuación 38}$$

Del mismo modo que el anterior, en un estado de operación estacionario, el balance queda determinado como:

$$0 = Q_0 * S - (Q_s + Q_w) * S - V * \left( \frac{\mu_{max}}{Y} * \frac{X*S}{K_S+S} \right) \quad \text{Ecuación 39}$$

Cabe aclarar que el presente balance hace referencia únicamente al consumo de sustrato por biodegradación y no incluye el mecanismo de adsorción que se lleva a cabo en paralelo en esta tecnología. Sin embargo, las constantes cinéticas seleccionadas para representar este modelo fueron definidas mediante experimentos con adhesión de PAC, como se verá más adelante.

### Balance de masa general

El balance de masa general representa la entrada y salida de caudales del sistema de referencia (Figura 37)

$$Q = Q_w + Q_s \quad \text{Ecuación 40}$$

Reemplazando la Ecuación 40 en la Ecuación 38 es posible despejar V, quedando:

$$\frac{Q*(S_0-S)}{\frac{\mu_{max}}{Y} * \frac{X*S}{K_S+S}} = V \quad \text{Ecuación 41}$$

Obteniendo finalmente un Volumen de reactor biológico de 35,9 m<sup>3</sup>.

Tomando como referencia los experimentos realizados por Al-Muzaini (1987), se obtuvieron las constantes de los modelos de crecimiento y utilización de sustrato de los microorganismos, que a su vez se encuentran influenciadas por el mecanismo de adsorción dado por la adhesión de PCA al licor de la mezcla (Tabla XIX). Estos valores se adoptan para un cálculo inicial, aunque es necesario realizar ensayos de biodegradabilidad del efluente a tratar para evaluar tanto el comportamiento real de los microorganismos como así también la dinámica del fenómeno de adsorción.

Tabla XIX. Valores experimentales de los parámetros de diseño según la experimentación de Al-Muzaini (1987)

Parámetros de diseño Reactor PACT	
Tiempo de residencia celular [d], <i>SRT</i>	9,8
K (24°C) (1/d)	2
Ks (mg/l)	75
Kd (1/d)	0,42
Y (mg VSS/ mg DBO)	0,8

Se adopta entonces una altura de tanque (h) de 4 metros, y se procede a calcular su área a partir de la Ecuación 42:

$$A = \frac{V}{h} \quad \text{Ecuación 42}$$

Donde,

$$\square: \text{Área superficial del tanque (m}^2\text{)} = 9$$

Siendo el tanque de geometría circular, el diámetro del mismo será de 3,4 m.

Para calcular el tiempo medio de retención hidráulica (TRH), se emplea la Ecuación 43:

$$TRH = \frac{V}{Q_0} \quad \text{Ecuación 43}$$

Obteniendo un TRH de 4,5 horas.

A partir del valor obtenido puede determinarse la relación sustrato/microorganismos, principal indicador de operación de los tanques biológicos. Su valor, recomendado entre 0,2 y 0,6 según Metcalf & Eddy (2003), da indicios de la proporción de alimento y microorganismos que se encuentra dentro del tanque. Se calcula a partir de la siguiente Ecuación 44:

$$\frac{F}{M} = \frac{S_0 * Q_0}{X * V} \quad \text{Ecuación 44}$$

Donde,

F/M: Relación entre la concentración de sustrato y microorganismos = 0,69

X: Concentración de microorganismos en el reactor PACT (mg/l) = 8000 (valor adoptado)

S<sub>0</sub>: Concentración de DBO que ingresa al sistema (mg/l) = 736

Q<sub>0</sub>: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h) = 8

Como puede notarse, el F/M supera el rango recomendado, por lo cual, durante la operación deben ajustarse los caudales de recirculación y purga hasta que este valor quede dentro del mismo. El valor ideal del F/M debe acercarse a la máxima eficiencia del proceso, la cual se define mediante ensayos de laboratorio y pruebas en planta piloto.

También puede definirse la tasa de utilización del sustrato (U) en la Ecuación 45:

$$U = \frac{S_0 - S}{TRH * X} = \frac{Q}{V} * \frac{(S_0 - S)}{X} = \frac{-rsu}{X} \quad \text{Ecuación 45}$$

Obteniéndose una tasa de utilización de sustrato igual a 0,0204 1/d

Con el valor de volumen obtenido y adoptando un valor de concentración de microorganismos en el caudal de reciclo es posible calcular el caudal de purga de fangos (Q<sub>wr</sub>). Para ello se aplica la Ecuación 46, obtenida mediante el balance de masa de microorganismos expresado en la Ecuación 35.

$$Q_{wr} = \frac{V * X}{Xr * SRT} \quad \text{Ecuación 46}$$

Adoptando un valor de concentración de 12000 mg/l de microorganismos en el caudal de reciclo, se obtiene un caudal de fangos a purgar de 1,74 m<sup>3</sup> diarios.

Para la obtención del caudal de recirculación (Q<sub>r</sub>) de fangos se realiza un balance de masa de microorganismos en el sedimentador (Ecuación 47) estableciendo como volumen de control al sedimentador secundario (figura X).

$$(Q + Q_r) * X = Q_s * X + (Q_{wr} + Q_r) * X_r \quad \text{Ecuación 47}$$

Suponiendo que el caudal de microorganismos a la salida del sedimentador es despreciable, se obtiene la Ecuación 48:

$$Q_r = \frac{Q_o * X - Q_w * X_r}{X_r - X} \quad \text{Ecuación 48}$$

Resultando en un caudal de reciclo igual a 188,52 m<sup>3</sup>/d

#### *Producción de lodos y requerimiento de oxígeno*

La producción de lodos generada en el reactor se determina según.

$$P_x = Y_{obs} * (Q_o - Q_w) * 1000 \quad \text{Ecuación 49}$$

Donde,

P<sub>x</sub>: Producción de lodos (kg SSV/d) = 20,88

Y<sub>obs</sub>: coeficiente estequiométrico de producción observada (gSSV/gDQO) = 0,16

El coeficiente estequiométrico de producción observada (Y<sub>obs</sub>) permite modelar el crecimiento de la biomasa como resultado del consumo de sustrato soluble, y queda determinado por la Ecuación 50:

$$y_{obs} = \frac{yU - kd}{U} = \frac{y}{1 + SRT * kd} \quad \text{Ecuación 50}$$

Con ambas variables obtenidas, se procede a determinar el requerimiento de oxígeno (Ecuación 51) que demanda dicha producción de lodos en el tanque para oxidar la materia orgánica presente:

$$RO = \frac{Q*(S_0-S)}{F*1000} - 1,42 * Px \quad \text{Ecuación 51}$$

Donde,

RO: Requerimiento de oxígeno (kg O<sub>2</sub>/d) = 176,88

F: Factor de conversión = 0,65 (Valor típico)

### Requerimiento de oxígeno estándar

Para la selección del equipo de aireación se calcula el requerimiento de oxígeno estándar (SOR), que representa la cantidad de oxígeno que va a proveer el mismo en condiciones ideales. Éste se calcula a partir del oxígeno requerido por los microorganismos para su metabolismo y respiración y va a estar afectada por la velocidad de difusión del oxígeno en el licor de mezcla líquida, tal como expresa la Ecuación 52:

$$SOR = \frac{RO}{\frac{\beta*(C_w-C_l)}{C_s} * 1024^{T-20} * \alpha} \quad \text{Ecuación 52}$$

Donde,

$\beta$ : Factor de corrección por salinidad y tensión superficial

C<sub>l</sub>: Concentración de oxígeno disuelto en condiciones de funcionamiento [mgO<sub>2</sub>/l]

C<sub>s</sub>: Concentración de oxígeno saturado en agua limpia a 20°C y 1 atm [mgO<sub>2</sub>/l]

T: Temperatura del líquido [°C]

$\alpha$ : Factor de conversión de la transferencia de oxígeno para agua residual

C<sub>w</sub>: Concentración saturación de oxígeno para agua residual a una temperatura y altura dada [mgO<sub>2</sub>/l]

El mecanismo de aireación y mezcla estará compuesto por 25 difusores dispuestos en el fondo del tanque, conformando una densidad de difusores de 2,78 difusores por metro cuadrado. Se instalarán difusores Repicky modelo RG-300 de burbuja fina. El caudal de diseño

del difusor es de 5 m<sup>3</sup>/h medidos a 20 °C y presión atmosférica normal (Figura A1.3 del Anexo I).

Además de suplir el requerimiento de oxígeno, la cantidad de difusores dispuestos debe proveer la potencia suficiente para garantizar una mezcla adecuada pero no provocar la rotura de los flocs biológicos.

Para cumplir con la condición de mezcla, se requiere al menos un caudal de aire de 0,185 m<sup>3</sup> por minuto; y para verificar que la aireación no rompa los flocs, se establece una relación máxima de 0,09 m<sup>3</sup> aire/m<sup>3</sup> reactor por minuto.

El caudal provisto por los cuatro difusores es de 2,08 m<sup>3</sup> por minuto, por lo que se garantiza una buena mezcla y la relación que se obtiene entre dicho caudal y el volumen del reactor arroja el siguiente resultado:

$$\frac{Q_{\text{aire dif.}}}{V} = 0,06 \frac{\text{m}^3 \text{aire}}{\text{m}^3 \text{reactor} * \text{min}} \quad \text{Ecuación 53}$$

Los difusores estarán montados sobre cañerías de PVC dispuestas sobre una estructura de acero inoxidable en forma de cuadrícula. Cada ramal de aireación estará provisto de una válvula de regulación.

### *Sistema de aireación*

Para asegurar el funcionamiento adecuado de los difusores de membrana se ha de instalar un soplador de aire. El objetivo de su instalación es comprimir el aire y asegurar una presión mayor a la ejercida sobre las membranas de los difusores, dada por la sumatoria de la presión atmosférica, la columna de agua sobre el difusor y la pérdida de carga generada por los mismos.

La potencia necesaria del soplador a las condiciones de presión requeridas por el sistema viene dada por la siguiente Ecuación 54:

$$P = \frac{0,22Q}{\eta} * \left[ \left( \frac{p}{14,7} \right)^{0,283} - 1 \right] \quad \text{Ecuación 54}$$

Donde,

P: Potencia teórica [HP]

Q: Caudal de aire [pmc]

p: Presión de trabajo [psia]

$\eta$ : Eficiencia del soplador = 0,8 (adoptado)

La presión de trabajo p se compone por la pérdida de carga de los difusores y la presión que ejerce la columna de agua sobre los mismos, considerando que los difusores se colocan a 15 cm del fondo del reactor. Siendo entonces:

$$p = p_{atm} + p_{carga} + p_h = p_{atm} + p_{carga} + \rho gh \quad \text{Ecuación 55}$$

Donde,

$p_{atm}$ : Presión atmosférica = 14,7 psi

$p_{carga}$ : Perdida de carga de 1 difusor = 0,6 psi (equivalente a 40 mbar para 5 m<sup>3</sup>/h)

$\rho$ : Densidad del líquido

g: Gravedad

h: Altura del reactor

$p_h$ : Presión hidrostática = 5,7 psi (equivalente a 372,11 mbar)

p: Presión de trabajo = 22,8 psi

En cuanto al caudal de aire, el mismo se debe ajustar a las condiciones de diseño, siendo:

$$Q_{aire} = \frac{SOR'}{\eta \rho_{aire} \omega} \quad \text{Ecuación 56}$$

Donde,

$Q_{aire}$ : Caudal aire requerido para los difusores [m<sup>3</sup> Aire/h] = 105,4

$SOR'$ : Caudal de oxígeno total trasferido por los difusores [KgO<sub>2</sub>/h] = 8,06

$\eta$ : Eficiencia del difusor = 0,25 (Valor adoptado)

$\rho_{aire}$ : Densidad del aire a 20°C y 1 atm = 1,28 kg/m<sup>3</sup>

$\omega$ : Fracción de oxígeno en el aire = 0,24

Utilizando la ecuación 54 y 55 se obtiene la presión de trabajo y la potencia teórica requeridas para el proceso: 22,8 psi y 2,3 HP, respectivamente.

Se propone entonces el soplador Repicky modelo R100 de 2,6 HP. Se recomienda contar con 2 sopladores de aire, donde uno estará en *stand-by* y deberá poder suplantar al operativo ante cualquier inconveniente. Los mismos se instalarán debajo de la estructura de montaje de los tanques de coagulación, floculación y DAF que deberá estar cerrada y contar con un sistema de insonorización general.

En la Tabla XX a continuación se resumen los valores de todos los parámetros establecidos para el reactor de mezcla completa.

Tabla XX. Resumen dimensionamiento y parámetros sistema PACT.

Sistema de tratamiento PACT	
<i>Tratamiento biológico</i>	
DBO entrada [mg/l], $S_0$	736
DBO salida [mg/l], $S$	36,8
Eficiencia del tratamiento [%]	95
Polvo de Carbón Activado [mg/l]	10
Temperatura [°C], $T$	20
Biomasa en el reactor [mg/l] $X$	8000
Velocidad [d-1] $\mu_{max}$	1,584
Constante sustrato [mg/l] $K_s$	75
Coeficiente de relación $Y$	0,8
Constante de decaimiento [d-1] $kd$	0,42
Constante de reacción [d-1] $k$	2
<i>Dimensiones del tanque</i>	

Volumen [m <sup>3</sup> ] $V$	43,2
Diámetro[m]	3,4
Altura [m] $H$	4,8
Factor de seguridad	20%
<b>Sistema de lodos</b>	
Tiempo de retención celular [d] $SRT$	9,86
Producción de Fangos por reactor [kg/d] $P_x$	20,9
Caudal de purga [m <sup>3</sup> /d] $Q_{wr}$	1,74
Caudal de recirculación [m <sup>3</sup> /d] $Q_r$	188,5
Caudal de salida [m <sup>3</sup> /d] $Q_s$	190,3
Relación alimento/microorganismos $F/M$	0,69
<i>Aireación</i>	
Requerimiento de oxígeno [KgO <sub>2</sub> /d] $RO$	176,9
Requerimiento de oxígeno estándar [kg/d] $SOR$	8,25
Caudal de aire requerido para difusores [m <sup>3</sup> /KWh] $Q_{aire}$	122,8
Factor de corrección $\alpha$	1
Factor de corrección $\beta$	0,85
Concentración de saturación [mg/l] $C_s$	9,17
Concentración de O <sub>2</sub> disuelto [mg/l] $CL$	2
Temperatura [°C] $T$	20
Factor de conversión $f$	0,67
Cantidad de difusores	25
Densidad de difusores [difusor/m <sup>2</sup> ]	2,78

### 9.3.2 Sedimentador

La separación de los sólidos suspendidos en el licor de mezcla del proceso PACT es una función fundamental para obtener un efluente clarificado y lodos concentrados a fin de recircularlos y/o desecharlos del sistema (Metcalf & Eddy, 2003). Dicho proceso es llevado a cabo por el sedimentador secundario que se instala en línea con el reactor PACT.

Para este proceso se plantea la instalación de dos sedimentadores cilíndricos en paralelo, con el objetivo de contar con una unidad de soporte durante las instancias de limpieza o mantenimiento. Los mismos cuentan con un sistema de alimentación central, constituido por un tubo por el cual ingresa el efluente desde la unidad anterior; y una canaleta periférica con vertederos mediante la cual se recolecta el efluente clarificado. Los lodos sedimentados, por su parte, son acumulados y posteriormente expulsados desde el fondo del tanque.

#### *Dimensionamiento de la unidad*

Para el dimensionamiento de estas unidades, se comienza adoptando un valor de carga superficial ( $C_{sup}$ ) y un tiempo de retención hidráulico (TRH) asociado. La carga superficial depende de la calidad del afluente, el tipo y forma del sedimentador, el tipo de coagulante utilizado, el tipo de floculo formado y el grado de eficiencia que se desee (Becker, 2018).

Para este caso, se establece una  $C_{sup}$  de 27 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d y un TRH de 3 horas. Luego, utilizando el valor de Q, se puede obtener el área superficial del tanque:

$$A_{sup} = \frac{Q}{C_{sup}} \quad \text{Ecuación 57}$$

Donde,

$A_{sup}$ : Área superficial del tanque (m<sup>2</sup>) = 7,1

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h) = 8

$C_{sup}$ : Carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*d) = 27 (Valor adoptado)

Y aplicando el THR, se obtiene el volumen según:

$$V_{tk} = Q * TRH \quad \text{Ecuación 58}$$

Siendo,

$V_{tk}$ : Volumen del tanque de sedimentación (m<sup>3</sup>) = 24

TRH: Tiempo de retención hidráulico (hr) = 3 (Valor adoptado)

Teniendo en cuenta la geometría cilíndrica de las unidades, se obtiene el diámetro según:

$$D_{tk} = 2 * \sqrt{\frac{V_{tk}}{\pi}} \quad \text{Ecuación 59}$$

Donde,

$D_{tk}$ : Diámetro del tanque (m) = 3

Finalmente, la altura útil de sedimentación se obtiene según:

$$H_{tk} = \frac{V_{tk}}{A_{sup}} \quad \text{Ecuación 60}$$

Donde

$H_{tk}$ : Altura útil del sedimentador = 3,4 m

Teniendo en cuenta un porcentaje de seguridad del 18%, la altura final del tanque termina alcanzando los 4 m.

### *Zona de entrada*

Para el ingreso del efluente al sedimentador, se diseña un tubo de entrada central y una campana deflectora que rodea al mismo, a fin de garantizar una disipación tangencial de la energía en la zona de alimentación.

Según Eckenfelder (2001), el sistema de disipación ha de colocarse a una distancia mayor a 0,47 metros desde la boca de salida del efluente para minimizar el arrastre de sólidos y permitir que éstos vuelvan a sedimentarse. El diámetro del tubo de entrada toma una dimensión típica entre el 15 y el 20 por ciento del diámetro total del tanque (Metcalf & Eddy,

2003) y la relación típica entre la profundidad del sedimentador y la altura de la pantalla circular desde el borde superior del sedimentador es de 0,4.

Con los valores obtenidos del diámetro y profundidad del tanque calculados anteriormente, se obtiene:

DT: Diámetro tubo de entrada = 0,5 m

HP: Altura pantalla cilíndrica = 1,60 m

DP: Diámetro de la pantalla cilíndrica= 1,4 m

### *Zona de salida*

Para la zona de salida del efluente clarificado, se diseña una canaleta de recolección periférica con chapas de vertederos triangulares regulables. Este canal es diseñado de tal forma que funcione libre para garantizar la carga constante sobre los vertederos de salida y que el agua rebalse de manera uniforme.

El caudal que rebalsa por los vertederos triangulares de 90° se obtiene según la fórmula de Thomson, expresada como:

$$Qv = 1,34 * hv^{2,47} \quad \text{Ecuación 61}$$

Donde,

Qv: Caudal que rebalsa por cada vertedero (m<sup>3</sup>/s)

Hv: Altura útil del vertedero (m)

Teniendo en cuenta el caudal de diseño, se establecen vertederos de las siguientes dimensiones:

Altura útil del vertedero (hv) [m] = 0,07

Ancho del vertedero (av) [m] = 0,14

Para estimar la porción del perímetro de la unidad que ocupan los vertederos (longitud útil), se utiliza la siguiente expresión:

$$Lv = \frac{Q}{Cv} \quad \text{Ecuación 62}$$

Donde,

Lv: Longitud útil de vertedero (m)

Cv: Carga hidráulica de salida por vertedero (Recomendada <1,8 l/s\*m ENHOSA)

Se adopta una carga de salida por cada vertedero y reemplazando con el caudal en la Ecuación 62 se obtiene:

CV: Carga de salida por el vertedero = 6,48 m<sup>3</sup>/hm (valor adoptado)

LV: Longitud necesaria de vertedero = 1,23 m

De esta manera, el número de vertederos se calcula a partir de la relación entre ancho establecido para cada vertedero y la longitud necesaria total según:

$$Nv = \frac{Lv}{2b} \quad \text{Ecuación 63}$$

NV: Número de vertederos = 9 unidades.

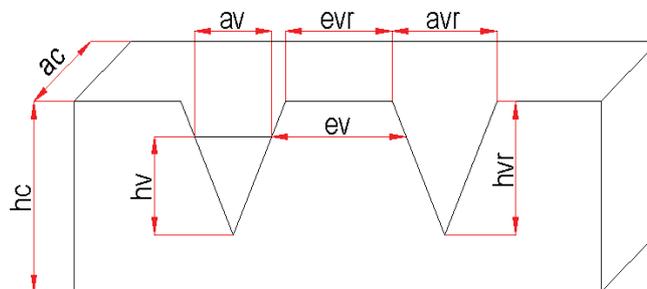


Figura 38. Esquema y referencias del canal y vertederos de salida.

Para dimensionar la canaleta colectora, se establece un ancho de canaleta y se calcula la altura máxima de la lámina de agua, según la expresión:

$$h_{m\acute{a}x} = \left(\frac{73Q}{b}\right)^{\frac{2}{3}} \quad \text{Ecuación 64}$$

Donde,

H<sub>máx</sub>: lámina de agua máxima en la canaleta (cm) = 6,4

B: Ancho de la canaleta = 10 cm (Valor adoptado)

Se propone una revancha de 5 cm de alto adicionales para evitar rebalses. Las dimensiones finales se exponen en la Tabla XXI al final del inciso.

### Zona de lodos

Para lograr una correcta acumulación y expulsión de los lodos, en la base del tanque se prevee una tolva o solera, con forma de cono invertido. Se elige una inclinación de 45°, lo que resulta en una altura de 1,5 m y un volumen total de 3,56 m<sup>3</sup>.

En la Tabla XXI a continuación se especifican las variables y dimensiones finales para el sedimentador secundario.

Tabla XXI. Dimensión y parámetros del sedimentador secundario

Sedimentador 2°	
Dimensiones del tanque	
Diámetro [m], D	3
Altura (m)	4
Volumen (m3)	24

TRH (h)	3
Carga hidráulica (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d)	27
<i>Solera de lodos</i>	
Volumen (m <sup>3</sup> )	3,27
Altura (m)	1,38
Pendiente (°)	45
<i>Tubo de entrada</i>	
Altura (m)	3
Diámetro (m)	0,5
<i>Baffle deflector</i>	
Altura (m)	1,6
Diámetro (m)	1,4
<i>Canaleta de salida</i>	
Ancho (m)	0,10
Alto (m)	0,15
Sección (m <sup>2</sup> )	0,015
Velocidad de escurrimiento (m/s)	1,11
<i>Vertederos de 90°</i>	
Cantidad (u)	9
Ancho real (m)	0,2
Alto real (m)	0,84
Espacio entre vertederos (m)	0,77

### 9.3.3 Espesador de lodos

El espesador de lodos se dimensionó del mismo modo que el sedimentador secundario pero considerando zonas de entrada y salida de diferente geometría y otros parámetros de diseño.

A efectos de los cálculos, en los balances de masa se supone una purga continua, pero en la práctica esto se hace de forma intermitente, ya que el caudal de lodo es demasiado pequeño para justificar una extracción continua (Ramalho). Para este caso, se consideró 1 (una) purga semanal de 60 minutos, para purgar un total de 12,2 m<sup>3</sup> de lodo biológico por semana, equivalentes a 1,74 m<sup>3</sup> por día, tal cual lo calculado anteriormente.

Dicho volumen, será almacenado en el espesador de lodos durante 24 hr, tiempo de retención mínimo recomendado para lograr el efecto de concentración de los mismos. Pasado ese lapso de tiempo, el lodo concentrado será bombeado hacia un contenedor, en el cual se acumulará hasta ser retirado por el servicio de regeneración de PCA.

#### Dimensionamiento de la unidad

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente mencionado, se dimensionó un espesador de lodos de 15,08 m<sup>3</sup> de volumen, cuyas características se exponen en la Tabla XXII a continuación:

Tabla XXII. Dimensiones del espesador de lodos

Espesador de lodos	
<i>Dimensiones del tanque</i>	
Diámetro [m], D	2
Altura de sedimentación [m]	3,87
Altura de resguardo [m]	0,13
Volumen [m <sup>3</sup> ]	15,08
TRH [h]	24
<i>Solera de lodos</i>	

Altura [m]	0,2
Pendiente [%]	20

## 9.4 TRATAMIENTO TERCIARIO

### 9.4.1 Filtro de arena

#### *Dimensionamiento de la unidad*

Para llevar a cabo la filtración terciaria del efluente, se diseñan dos módulos de filtros lentos de arena en paralelo, para permitir una operación segura y poder realizar su limpieza alternadamente. Los filtros lentos de arena se caracterizan por su gran efectividad y simplicidad de operación. Constan de los siguientes elementos: Estructura de entrada, lecho filtrante, capa de agua sobrenadante, lecho de soporte, sistema de drenaje y dispositivos de regulación, control y rebose (Figura 39)

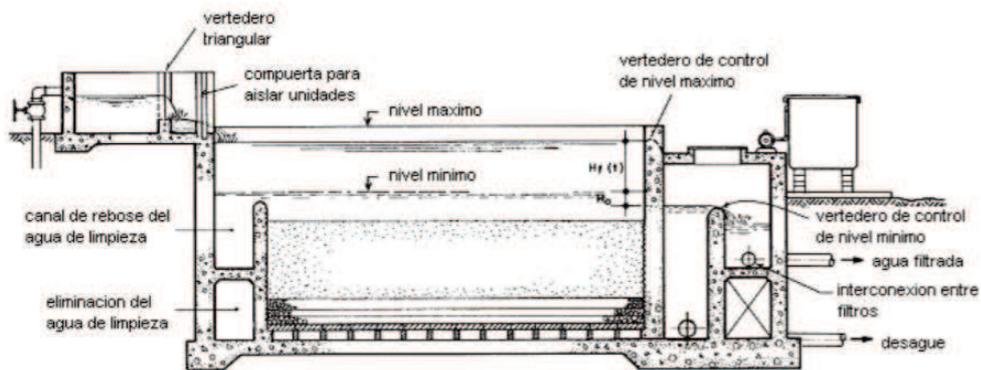


Figura 39. Filtro lento de arena. Obtenido de Google Imágenes.

El dimensionamiento de los filtros se lleva a cabo a partir de los rangos recomendados por bibliografía. El primer parámetro a definir es la sección de filtración, determinada por el

caudal de diseño de la planta y la velocidad de filtración seleccionada, según indica la Ecuación 65:

$$As = \frac{Q}{v_f} \quad \text{Ecuación 65}$$

Donde,

As: Área de filtración (m<sup>2</sup>) = 40

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h) = 8

Vf: Velocidad de filtración (m/s) = 0,2 (Valor adoptado. Rango recomendado: 0,1 – 0,3 m/s (OPS, 2005)).

Siendo dos módulos los necesarios, el área de filtración de cada uno será de 20 m<sup>2</sup>.

La altura total de cada filtro queda determinada por el lecho filtrante, la capa de soporte, el sistema de drenaje, el sobrenadante de efluente y el borde libre del filtro. En la Tabla XXIII a continuación se exponen las medidas finales seleccionadas para cada una de las estructuras mencionadas, junto con los rangos recomendados por bibliografía:

Tabla XXIII. Dimensión y parámetros filtro lento de arena.

Filtro de Arena		
	Valor	Recomendado
Cantidad de módulos [u]	2,00	Mínimo 2
Velocidad de filtración [m/s]	0,2	0,1 – 0,3
Altura lecho filtrante [m]	0,5	0,5 - 0,9
Altura drenaje [m]	0,4	0,3 - 0,5
Altura soporte de drenaje (ladrillo) [m]	0,45	
Altura agua sobrenadante [m]	1,0	0,8 – 1,0
Borde libre [m]	0,2	0,2 - 0,3
Altura total [m]	2,1	1,9 a 2,5
Ancho de cada módulo [m]	3	
Largo [m]	6,5	
Sección [m <sup>2</sup> ]	20	5,0 – 20,0

Factor de seguridad [%]	10	
-------------------------	----	--

### *Lecho filtrante*

El lecho filtrante se compone por un medio de material granular inerte y durable. Se selecciona arena porque es un material económico, inerte, duradera y de fácil obtención. Para una construcción adecuada del filtro, la arena debe estar libre de arcilla, tierra y materia orgánica. Normalmente se elige un tamaño efectivo en un rango de 0.15 a 0.35 mm.

### *Lecho de soporte o grava*

El lecho de grava sirve para dar soporte al lecho de arena y permitir un drenaje uniforme a través del mismo. Para ello, el soporte de grava se dispone de forma gradual, colocando las capas de material más fino próximo al lecho filtrante y capas de material más grueso en el fondo. De este modo, la capa superior impide el paso de arena hacia los niveles inferiores, ninguna grava de un nivel pasa a un nivel inferior y también se impide la entrada de gravas hacia los orificios del drenaje inferior. El ancho mínimo de las capas de grava debe ser 5-7 cm para el material más fino y 8-12 cm para el material más grueso (Ordoñez Blacio & Palacios Pérez)

Se recomienda entonces colocar 3 capas de grava, dispuestas de la siguiente manera:

- 1º Capa: 5 cm de espesor de grava fina (2 a 8 mm)
- 2º Capa: 5 cm de espesor de grava media (8 a 12 mm)
- 3º Capa: 8 cm de espesor de grava gruesa (mayor a 12 mm)

### *Sistema de drenaje*

El sistema de drenaje tiene como objetivo asegurar la recolección del agua filtrada de forma uniforme a través de toda la sección de filtración. El mismo se encuentra constituido por bloques de hormigón dispuestos de manera lateral asentados con cemento en el fondo de la caja del filtro y bloques dispuestos de forma horizontal techando dicha estructura dejando separaciones de 2 centímetros para que pase el agua filtrada. El fondo del filtro posee un desnivel del 3% para que el agua filtrada fluya hacia la siguiente canalización.

Para llevar un seguimiento de la pérdida de carga producida en la unidad, se han de instalar piezómetros: uno encima del lecho filtrante y el segundo aguas abajo del mismo.

#### 9.4.2 Cámara de desinfección

Para el dimensionamiento de la cámara de desinfección, se establecieron como parámetros de diseño el tiempo de contacto y la relación entre el ancho de los canales (C) y el largo de la cámara (L), igual a 40.

Se determina un tiempo de contacto de 20 minutos y se obtiene el volumen de la cámara como resultado de la Ecuación 66:

$$V = Q * tc \quad \text{Ecuación 66}$$

Siendo,

V: Volumen de la cámara de contacto (m<sup>3</sup>) = 2,64

Q: Caudal de diseño = 8 m<sup>3</sup>/h

Tc: Tiempo de contacto (h) = 0,33

Estableciendo un ancho de cámara de 1 metro y un alto de 1,2 metros, se despeja el largo de la cámara con el valor obtenido de volumen, resultando en 2,2 metros.

Finalmente, se obtiene el ancho de los canales estableciendo una relación recomendada de L/C = 40.

Donde,

L: Largo de la cámara (cm) = 220

C: Ancho del canal (cm) = 5,5 cm

De esta manera la cámara de cloración queda confeccionada con un total de 18 canales y 17 tabiques. En la tabla XXIV a continuación se resumen todas las medidas obtenidas.

Tabla XXIV. Dimensiones finales de la cámara de contacto o desinfección.

Cámara de contacto o desinfección	
Caudal de diseño, $Q$ [m <sup>3</sup> /h]	8,00
Tiempo de contacto, $tc$ [min]	20,00
Volumen, $V$ [m <sup>3</sup> ]	2,64
Largo Cámara de contacto, $C$ [m]	2,20
Ancho Cámara de contacto, $A$ [m]	1,00
Alto Cámara de contacto, $h$ [m]	1,4
Factor de seguridad [%]	17
Ancho del Canal, $L$ [m]	0,055
Nº de Canales [u]	18,00
Nº de Tabiques [u]	17,00

## 9.5 CÁMARA MEDIDORA DE CAUDAL

Siguiendo las medidas establecidas por la Resolución N° 607/2012 de SAyDS, para un caudal de 8 m<sup>3</sup>/h, la CTMyMD deberá poseer las siguientes dimensiones expuestas en la Tabla XXV a continuación:

Tabla XXV. Dimensiones finales de la CTMYMC

Dimensión de la CTMYMC	
Alto [m]	0,7
Largo interno [m]	0,85
Ancho interno [m]	0,6
Angulo vertedero [°]	30
Espesor de pared [m]	0,15

## 9.6 SISTEMA DE CONDUCCIÓN

La red de conducción de las aguas residuales fue diagramada a partir de conductos cerrados de Policloruro de Vinilo. Se llevo a cabo un diseño que permitiera la instalación de

tramos de la menor longitud posible, evitando cambios de dirección y bombeos de fluido innecesarios. Hidráulicamente, se priorizó la conducción de fluidos a gravedad, limitando la conducción a presión para los casos de elevación de altura y sistemas de recirculación.

Se plantean solo 3 líneas de conducción a presión (Figura 41):

- Transporte del efluente domiciliario desde el pozo de bombeo hasta el reactor biológico (Tramo 1C)
- Transporte del efluente industrial homogeneizado desde el tanque de equalización hasta la cámara de coagulación (Tramo 2)
- Sistema de recirculación de lodos desde el sedimentador al reactor PACT (Tramo 6B)
- Sistema de regeneración del carbón activado desde el sedimentador al espesador de lodos (Tramo 6C)

El resto de las líneas de conducción que conectan las unidades de tratamiento están diseñadas para escurrir por gravedad con una pendiente mínima recomendada del 3%.

Como bien se mencionó, el material seleccionado para las tuberías, conexiones y accesorios es PVC, ampliamente utilizado para el transporte de aguas residuales en las plantas de tratamiento.

Para el cálculo de la conducción en las tuberías se consideraron las siguientes suposiciones:

1. Densidad del fluido constante (efluente como fluido no viscoso e incompresible).
2. Movimiento del fluido irrotacional.
3. Velocidad constante (estado estacionario).
4. Régimen turbulento.

El rango de velocidades recomendado para las tuberías de impulsión de aguas residuales de PVC varía entre 0,5 y 3 m/s (ENOHSA).

En la Figura 40 expuesta a continuación, se visualiza el diagrama de cañerías de la planta de tratamiento haciendo distinción entre los tramos a presión y los tramos a gravedad.

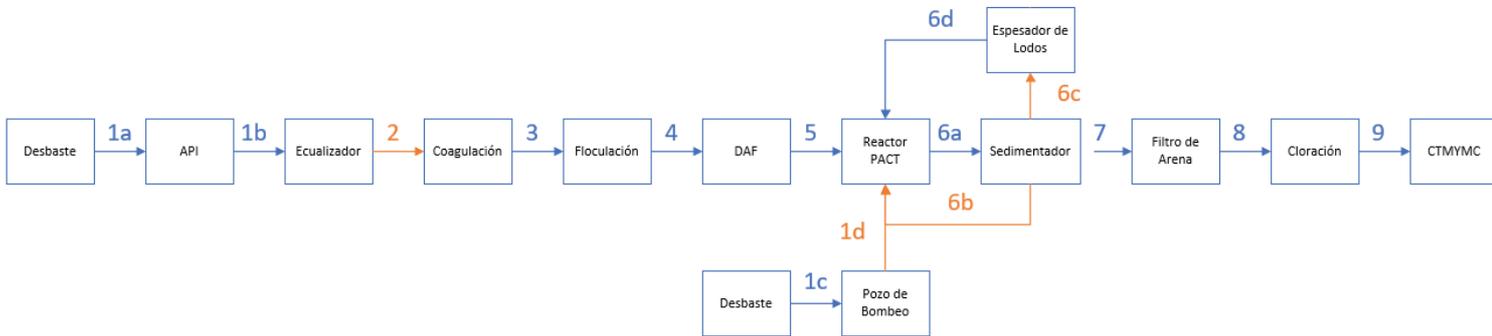


Figura 40. líneas de conducción. Referencias: En naranja las cañerías a presión y en azul las cañerías a gravedad.

### Cañerías a presión

Tomando un rango de velocidades recomendadas de 0,5 a 3 m/s, se propone la colocación de una cañería PVC DN 25 mm clase 10 para el tramo 1D y cañerías PVC DN 50mm clase 6 para los tramos 2, 6B y 6C (Tabla XXV).

### Cañerías a gravedad

Tal como esboza la Figura 40, el resto de las cañerías de conducción que conectan a las unidades de operación son de flujo a gravedad. Para el dimensionamiento de las mismas, se aplica la fórmula de Manning para los cálculos hidráulicos:

$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} * I^{1/2} \quad \text{Ecuación 67}$$

Donde,

v: Velocidad de flujo [m/s]

n: Coeficiente de Manning = 0,011 (valor adoptado para cañerías PVC)

Rh: Radio hidráulico [m]

I: Perdida de carga o pendiente = 0,3% (valor adoptado)

A su vez, el Radio hidráulico (Rh) se puede escribir como el cociente entre el área mojada y el perímetro mojado de la cañería:

$$Rh = \frac{A}{Pm} \quad \text{Ecuación 68}$$

Donde,

$$Am = \frac{1}{8} * (\theta - \text{sen } \theta) * D^2 \quad \text{Ecuación 69}$$

$$Pm = \frac{1}{2} * \theta * D \quad \text{Ecuación 70}$$

Entonces,

$$Rh = \frac{1}{4} \left( 1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right) * D \quad \text{Ecuación 71}$$

Donde,

Am: Sección mojada

Pm: Perímetro mojado

$\theta$ : Ángulo desde la superficie de la lámina hasta el centro del tubo [°] (Figura 41 a)

D: Diámetro de la cañería [m]

Para este diseño se considera la suposición de que la tubería se encuentra parcialmente llena y donde la relación entre el diámetro de la tubería y la lámina de agua (d) es 0,75.

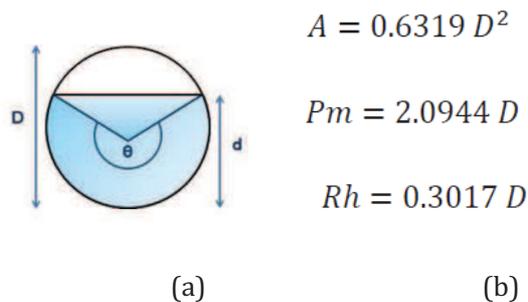


Figura 41. (a) Diagrama con referencias de tubería parcialmente llena (Becker, 2018) y (b) relaciones de sección mojada, perímetro mojado y radio hidráulico (Ver también Figura A1.3 del Anexo I).

Bajo esta condición, el ángulo formado desde la superficie del agua hasta el centro del tubo es de 120° .

Se diseña el sistema de conducción a gravedad con una pendiente igual a la mínima recomendada y favoreciendo las velocidades menores de 0,5 m/s. De esta forma, adoptando una velocidad de escurrimiento y reemplazando con el caudal de diseño, se obtiene el área que representa la sección mojada:

$$Am = \frac{Qd}{v} \quad \text{Ecuación 72}$$

Luego, teniendo en cuenta lo expuesto en la figura 41 (b), se obtiene el diámetro requerido para las cañerías por conducción a gravedad.

Se propone la instalación de cañerías de DN 110mm clase 4 para las conducciones por gravedad para los tramos 1A, 1B, 3, 4, 5, 6A, 7, 8, 9 y 10; cañería de DN 40 clase 10 para el tramo 1C y una cañería DN 25 clase 16 para el tramo 6D (Ver figura A1.5 del Anexo I).

En la Tabla XXVI a continuación, se resumen las medidas obtenidas para las cañerías de toda la planta de tratamiento junto con la verificación final de la velocidad de flujo de Manning.

Tabla XXVI. Características de las cañerías de flujo a gravedad.

Cañerías flujo a gravedad			
	Tramos 1A y 1B	Tramos 3, 4, 5, 6 <sup>a</sup> , 7, 8, 9 Y 10	Tramo 1C
Pendiente <i>I</i>	0,3%		
Velocidad de flujo adoptada [m/s]	0,5 m/s		
Caudal <i>Q</i> [m <sup>3</sup> /h]	7	8	1
Diámetro requerido <i>D</i> [mm]	80	80	30
DN cañería comercial [mm]	110	110	40
Velocidad de flujo de Manning <i>v</i> [m/s]	0,41	0,43	0,22

### *Pérdidas de carga en conducciones*

Para dimensionar la instalación del sistema de bombeo y conducción se vuelve necesario calcular las pérdidas de carga que sufre el agua residual a lo largo de su recorrido por las unidades de tratamiento.

La pérdida de carga generada en una conducción por un fluido en movimiento implica una pérdida de presión como consecuencia de la fricción que generan las partículas del fluido entre sí y contra las paredes del conducto que las contiene. La pérdida de carga puede clasificarse como continua, dada por el mismo paso lineal de un fluido en un conducto; o localizada, generada de forma puntual por intercepción de accesorios, estrechamientos o cambios de dirección, por ejemplo.

Las pérdidas de carga quedan determinadas principalmente por factores como la rugosidad de los conductos, el desnivel hidráulico y la sección mojada.

Tal como expresa la Ecuación 73, la variación de presión en una tubería es proporcional al cuadrado de la velocidad del fluido, por lo cual sería un gran error despreciarlas en flujos a presión. Sin embargo, en las condiciones de flujo a gravedad la velocidad de escurrimiento es tan reducida que permite despreciar la magnitud de la fricción. De esta manera se limita al cálculo de las pérdidas de carga únicamente de los tramos de fluidos a presión.

### *Cañerías a presión*

Para calcular las pérdidas de carga por fricción en cañerías a presión se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f * \frac{L*v^2}{D*2g} = f * \frac{8*L*Q^2}{g*\pi^2*D^5} \quad \text{Ecuación 73}$$

Donde,

$h_f$ : Pérdida de carga por fricción (m)

- f: Factor de fricción Darcy
- L: Longitud de la tubería (m)
- v: Velocidad de escurrimiento (m/s)
- g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- Q: Caudal (m<sup>3</sup> /s)
- D: Diámetro de la tubería (m)

El factor de fricción o coeficiente de resistencia de Darcy (f) es un parámetro adimensional que depende del régimen de la corriente (Dimensionado por el número de Reynolds) y de la rugosidad relativa del conducto. La influencia de ambos parámetros sobre f varía cuantitativamente según las características de la corriente.

El diagrama de Moody (Figura A1.6 del Anexo 1) permite determinar el factor de fricción a partir del número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería de manera directa.

Se calcula a continuación el número de Reynolds mediante la Ecuación 74:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \quad \text{Ecuación 74}$$

Donde,

Re: Número de Reynolds

D: Diámetro de la tubería (m)

v: Velocidad del fluido en la tubería (m/s)

ρ: Densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>) = 998,29 (Fluido ideal a 20°C)

μ: Viscosidad cinemática del fluido (kg/m.s) = 1,003.10<sup>-6</sup> (Fluido ideal a 20°C)

Como resultado, se obtuvo en todos los tramos un Re >10<sup>6</sup> (Tabla XXV). Bajo dicha condición, para el caso de tuberías rugosas de sección circular el factor de fricción f se vuelve independiente del Re, quedando únicamente dependiendo de la rugosidad relativa (Ecuación 75):

$$f = 0,026 * \left(\frac{K}{D}\right)^{0,24} \quad \text{Ecuación 75}$$

Donde,

k: Rugosidad absoluta (mm) = 0,0015 (PVC)

D: Diámetro de la tubería (m)

Finalmente, se aplica la Ecuación 73 y se calculan las pérdidas de carga lineales a lo largo de todos los tramos de tuberías a presión (Tabla XXV).

A su vez, se calculan las pérdidas de carga localizadas ocasionadas por la presencia de accesorios en los diferentes tramos mencionados. Ésta es proporcional a la carga de velocidad del fluido y a una constante característica del accesorio (Figura A1.7 del Anexo I), según lo expresado por la Ecuación 76:

$$hf_{acc} = K_{acc} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 76}$$

Donde,

hf acc: Pérdida de carga en el accesorio [m]

Kacc: Constante del accesorio

v: Velocidad del fluido [m/s]

g: Aceleración de la gravedad [m/s<sup>2</sup> ]

Finalmente, se realiza una sumatoria de la pérdida de carga por fricción y la pérdida de carga en los accesorios y se obtiene la pérdida de carga total en cada tramo de tubería.

A continuación, se presenta la Tabla XXVII, que reúne las características de cada tramo y las pérdidas de carga calculadas en función al caudal transportado por cada uno.

Tabla XXVII. Características de los tramos de tuberías a presión y pérdidas de carga asociadas.

Tuberías a presión				
Tramo	1D	2	6B	6C
Material	PVC	PVC	PVC	PVC
Diámetro y clase	DN 25 Clase 10	DN 50 Clase 6	DN 50 Clase 6	DN 40 Clase 6
Rugosidad absoluta [mm], $K$	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Longitud* [m], $L$	5	14	11,5	11,5
Accesorios	2 Codos 90° 1 Válvula de retención 1 Válvula de compuerta	1 Codo 90° 1 Válvula de retención 1 Válvula de compuerta	2 Codos 90° 1 Válvula de retención 1 Válvula de compuerta 1 Tee	2 Codos 90° 1 Válvula de retención 1 Válvula de compuerta 1 Tee
Caudal [m <sup>3</sup> /h], $Q$	1	8	7,8	0,08
Reynolds, $Re$	$8 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^5$
Factor de fricción, $f$	0,07	0,06	0,06	0,06
Pérdida de carga por fricción [m], $hf$	0,02	1,6	1,3	$3,5 \cdot 10^{-4}$
Pérdida de carga en accesorios [m], $hacc$	0,01	0,8	0,8	$2 \cdot 10^{-4}$
Pérdida de carga total	0,03	2,4	2,1	$6 \cdot 10^{-4}$

\*La longitud de las tuberías fue determinada en función de la dimensión y la disposición de las unidades en la planta de tratamiento. Esto puede visualizarse claramente en el plano de vista lateral y en corte de la planta de tratamiento.

## 9.7 SISTEMA DE IMPULSIÓN

Los sistemas de impulsión se instalan en las tuberías de conducción a fin de suministrar la energía mecánica necesaria para trasladar un fluido de una unidad a otra a

velocidad o presión constante. En este sistema de tratamiento se implementarán bombas centrífugas de velocidad constante.

El trabajo realizado por una bomba instalada en un sistema determinado puede expresarse aplicando la ecuación de Bernoulli y considerando fluidos reales e incompresibles:

$$Hdis = \frac{\eta W_p}{g} = \left( \frac{P_1}{g\rho} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) - \left( \frac{P_2}{g\rho} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \right) + hf \quad \text{Ecuación 77}$$

Donde,

Hdis = Altura del sistema [m]

$\eta$ : Eficiencia de la bomba

Wp: Trabajo realizado por la bomba [J]

g: Aceleración de la gravedad [m/s<sup>2</sup>]

Z1: Altura [m]

V: Velocidad del fluido [m/s]

P: Presión [kg/m<sup>3</sup>s<sup>2</sup>]

hf: Carga dinámica [m]

$\rho$ : Densidad del fluido [kg/m<sup>3</sup>]

hf: Pérdida de carga del sistema [m]

La potencia necesaria de la bomba se expresa según la Ecuación 78:

$$P = \frac{\rho Q g H}{\eta} \quad \text{Ecuación 78}$$

Donde,

P: Potencia de la bomba [W]

$\rho$ : Densidad del líquido [kg/m<sup>3</sup>]

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

H: Altura de la bomba [m]

☒: Eficiencia de la bomba (Valor adoptado = 50%)

En la Tabla XXVIII se exponen los requerimientos aproximados para garantizar un óptimo funcionamiento del sistema de impulsión, basados en el gráfico de las alturas dinámicas del sistema ( $H_{dis}$ ) de los diferentes tramos (Figura A1.8 del anexo I).

Tabla XXVIII. Requerimientos de impulsión aproximados para los diferentes tramos, obtenidos a partir de los gráficos de las alturas dinámicas del sistema y de la ecuación 78 de potencia de la bomba.

Requerimientos de impulsión				
Tramo	1C	2	6B	6C
Caudal a transportar [ $m^3/h$ ], $Q$	1	8	7,8	0,08
Altura del sistema [ $m$ ], $H_{dis}$	11	14,3	8,5	7
Potencia requerida [ $w$ ], $P$	63	525	370	3

Se propone la instalación de los siguientes equipos de bombeo:

1. Bomba marca Espa modelo Vigicor para los tramos 1C (Ver especificaciones en la Figura A1.9 del anexo I)
2. Bomba marca Espa modelo Drainex 400 el tramo 2 y 6B (Ver especificaciones en la Figura A1.10 del anexo I)
3. Bomba marca Espa modelo Drainex 200 el tramo 6B y 6C (Ver especificaciones en la Figura A1.11 del anexo I)

## 9.8 DOSIFICADORES

Como se ha mencionado en la memoria descriptiva, a lo largo del tratamiento se requiere de la adhesión de diferentes productos químicos. Para hacerlo, se requiere de la instalación de diferentes tipos de dosificadores:

- Dosificadores de solución volumétricos para la adhesión de coagulante y floculante en las cámaras de mezcla rápida y floculación, respectivamente
- Dosificador de polvo para la adhesión de polvo de carbón activado virgen en la conducción de entrada al reactor biológico.
- Dosificador de polvo para la adhesión de polvo de carbón activado regenerado en la conducción de entrada al reactor biológico.
- Dosificador de solución volumétrico en línea a la salida de la cámara de floculación para la inyección del regulador de pH (cal).

## 9.9 AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA

Con el objetivo de maximizar la eficiencia del tratamiento de efluentes, se propone la implementación de un sistema de automatización centralizado SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Dicho sistema tiene como finalidad supervisar y controlar de forma remota una instalación industrial, siendo capaz de integrar datos recogidos desde diferentes sensores, autómatas (PLCs o Controladores Lógicos Programables) y equipos instalados en la planta (Sothis, 2021).

Este sistema permite controlar los equipos y registrar datos de las operaciones, facilitando el análisis y toma de decisiones en cuanto a la operación de la planta. Dentro de los procesos a automatizar y/o controlar remotamente se encuentran:

- Accionamiento de bombas.
- Apertura, cierre y regulación de válvulas.
- Medición de caudales, presiones y nivel de tanques.
- Medición de oxígeno disuelto y SST.
- Dosificación de productos químicos.
- Regulación de velocidad de los agitadores y barredores superficiales o de fondo.
- Acción y regulación de sopladores.

De esta manera, es posible: operar de manera sencilla, obtener indicadores de eficiencia, detectar riesgos, proponer mejoras y hasta generar ahorros de materia prima.

El control del sistema se llevará a cabo en una sala de operación y control.

## 9.10 PLAN DE GESTIÓN, MONITOREO Y MANTENIMIENTO

Se recomienda la elaboración de un Plan de Gestión, Monitoreo y Mantenimiento de la planta para llevar a cabo una óptima operación de la misma y prevenir posibles efectos e impactos negativos tanto en la calidad del efluente como al medioambiente *per se*. El mismo debe ser elaborado por un profesional idóneo del área y debe establecer, como mínimo, un cronograma de actividades integradas en planes de seguimiento y monitoreo de las instalaciones y parámetros de operación, planes de mantenimiento preventivo de los equipos y planes de contingencia.

Si bien el sistema de automatización propuesto cubriría la mayoría de las necesidades de monitoreo y control del funcionamiento de la planta, existen ciertas actividades que requieren de un seguimiento periódico y llevarse a cabo de forma manual para garantizar un correcto funcionamiento de la planta. Dentro de las mencionadas se enumeran, con necesidad de periodicidad decreciente:

- Recolección de los lodos de las bateas de acumulación del tanque API y del DAF.
- Supervisión y limpieza de los canales y rejillas de desbaste.
- Limpieza de las bocas de salida de los tanques API, DAF y sedimentador.
- Supervisión del estado de la CMDC.
- Recambio de la arena de los filtros lentos.
- Mantenimiento de las instalaciones en general.

A su vez, se recomienda establecer un control periódico de los parámetros de operación que dan idea del funcionamiento de las operaciones unitarias y de la eficiencia de la planta. Asimismo, mediante el resultado de sus mediciones también es posible evaluar el grado de cumplimiento con la normativa de vuelco. Dentro de estos parámetros se debe considerar, como mínimo, la relación alimento-microorganismos (F/M), la relación de carbono, nitrógeno y fósforo (C/N/P), la capacidad de adsorción del PAC, los sólidos suspendidos y el oxígeno disuelto en el reactor biológico; el Índice Volumétrico de Lodos

(IVL) en el sedimentador y la concentración de cloro residual, DBO5 y DQO, HCT y GyA en la CTMYMC.

Finalmente, se debe establecer un cronograma de control y mantenimiento del sistema de automatización centralizado, a fin de evitar posibles fallas. Para ello, debe establecerse un cronograma de mantenimiento preventivo de los equipos PLCs que involucren inspecciones técnicas de hardware y software.

### 9.11 CONCLUSIONES

El dimensionamiento de la planta de tratamiento pudo realizarse de manera satisfactoria logrando obtener un diseño de ingeniería adecuado y técnicamente viable para el sitio y cuerpo receptor designados.

Cabe destacar que, si bien gran parte de la eficiencia del tratamiento viene dada por el diseño y las tecnologías involucradas en las operaciones, un correcto monitoreo, operación y mantenimiento de las mismas determinará el resultado final en la calidad del efluente.

# CAPÍTULO 10: Estimación y análisis de costos

## 10.1 PROPÓSITO

El propósito de la estimación de costos del proyecto es definir la inversión inicial necesaria para su construcción y puesta en marcha como así también los costos fijos y variables asociados a su operación, administración, mantenimiento y mejora continua, a fin de determinar la viabilidad y sostenibilidad económica del mismo. A su vez, la inclusión de un análisis de costos busca demostrar que la opción de tratamiento seleccionada es la más económicamente conveniente.

## 10.2 ALCANCE

El alcance de la presente estimación y análisis de costos abarca la planificación, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de efluentes propuesta, que como se ha descripto, involucra el tratamiento de los efluentes industriales, cloacales y de los lodos de tratamiento.

Dentro de este análisis se consideran aquellos costos que están directamente relacionados con los objetos de costo y pueden ser reconocidos mediante mecanismos cuantitativos (costos directos) y los costos que sólo se identifican en dicho objeto a través de una fórmula de asignación específica (costos indirectos). A su vez, a fin de determinar la viabilidad financiera de un proceso de producción, los costos se discretizan en fijos, cuando son independientes del proceso; y variables, dependientes de los metros cúbicos tratados por unidad de tiempo.

Aplicado al caso, los costos directos son aquellos de relación estrecha con el proyecto, es decir, asociados a la construcción y puesta en marcha de la planta de tratamiento como así también las unidades operativas, maquinaria e insumos requeridos para llevar a cabo los diferentes procesos. Por el contrario, los costos indirectos se relacionan de forma tangencial con el proyecto, siendo los asociados a todas las actividades, mano de obra, recursos

financieros y servicios necesarios para garantizar las condiciones óptimas para la construcción y desarrollo del proyecto.

Para la estimación del presupuesto inicial o costo de adquisición, se considera la adquisición e instalación de las unidades operativas, el sistema de bombeo y conducción y el sistema de automatización; la dirección, recursos materiales y recursos humanos necesarios en la obra; el estudio de impacto ambiental; y los honorarios de consultoría.

En los costos operativos, se tienen en cuenta los insumos químicos, los recursos humanos, la energía eléctrica adicional que demandará el funcionamiento de la planta y la gestión de lodos químicos y biológicos.

### 10.3 COSTO DE ADQUISICIÓN

En la Tabla XXVIII expuesta párrafos más abajo, se enlistan los ítems y sus costos asociados, clasificados según la descripción de los trabajos.

En primer lugar, se tienen en cuenta los trabajos preliminares y movimientos de tierras, involucrados en la preparación del terreno para la obra y las excavaciones requeridas según el diseño y posicionamiento de las unidades (Ver Anexo V "Planos").

Luego, se presupuesta el hormigón armado necesario para la construcción de las unidades de operación. A su vez, se incluyó la materia prima de carpintería de hierro necesaria para construir el andamio permanente que mantendrá las unidades de coagulación, floculación y DAF elevadas, según se visualiza en el Plano DI008.

Los ítems 5 y 8 corresponden exclusivamente a la arquitectura de la sala de control y la sala de sopladores, mientras que el ítem 7 representa a las carpinterías involucradas tanto en dichas salas (para las puertas y ventanas) como en las rejas de desbaste y las escaleras de acceso a los tanques.

En los ítems 6, 9, 10 y 11 se tienen en cuenta: el contrapiso y cimentación de las áreas excavadas (zona API y Homogeneizador), el sistema de bombeo y conducción, las bombas de dosificación, los equipos de medición de caudal, los accesorios e insumos requeridos para cada unidad de tratamiento.

Cabe aclarar que en todos los ítems se tuvieron en cuenta los costos indirectos asociados a la mano de obra específica, traslado de materiales, alquileres de maquinaria y servicios (agua y electricidad) requeridos para realizar cada trabajo especificado.

Luego, se consideran los honorarios de la consultora referentes a la formulación del proyecto (estudios preliminares, propuesta y evaluación de alternativas, diseño de ingeniería y cómputo y presupuesto) y el EIA (Estudio de Impacto Ambiental).

Finalmente, se incluye el ítem de Administración, Imprevistos y Utilidad (AIU), que hace referencia a los gastos indirectos para el desarrollo de la obra, (honorarios, impuestos, costos de personal, etc); eventuales sobrecostos relacionados a la obra (multas, permisos, gestiones municipales, etc.) y, finalmente, el lucro perseguido por la empresa constructora.

De acuerdo al alcance definido del proyecto y a los ítems anteriormente mencionados, el presupuesto base para el mismo representa un total de \$19.600.000 + IVA (pesos diecinueve millones seiscientos mil). Los costos unitarios fueron extraídos a partir de páginas de compras online de internet, catálogos de materiales de construcción y estimaciones de presupuesto de obras realizadas por el Colegio de Arquitectos de la Provincia de Santa Fe.

Tabla XXVIII. Cómputo y presupuesto de adquisición de la alternativa 2.

NRO.		DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS	UN.	CANT.	COSTO	IMPORTE	IMPORTE
RUB.	ITEM						
<b>1</b>		<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>57.261,56</b>
	1.01	Limpieza terreno / obra (inicio y final)	m2	200,00	113,91	22.782,56	
	1.02	Nivelación del terreno y replanteo de obra	m2	200,00	172,40	34.479,01	
<b>2</b>		<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					<b>231.968,38</b>
	2.01	Excavación conducciones y zanjas de cimentación	m3	3,00	1.442,80	4.328,40	
	2.02	Excavación sótanos profundidad un nivel (a máquina)	m3	400,00	569,10	227.639,98	
<b>3</b>		<b>ESTRUCTURAS H° A°</b>					<b>529.113,92</b>
	3.01	Cimentación del terreno	m3	8,00	23.089,24	184.713,92	
	3.02	Estructuras de las unidades	m3	20,00	9.300,00	186.000,00	
<b>4</b>		<b>ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>					<b>196.245,00</b>
	4.01	Chapa semilla melon (Andamio)	m2	36,00	4.400,00	158.400,00	
	4.02	Vigas de hierro fundido (Andamio)	m	21,75	1.740,00	37.845,00	
<b>5</b>		<b>MAMPOSTERIAS</b>					<b>94.945,53</b>
	5.01	Ladrillos comunes a la vista	m3	5,00	18.989,11	94.945,53	
	5.02	Horizontal en muros	m2	24,00	750,26	18.006,24	
	5.03	Chapas H°G°N°25/Translúc.p/Galpones	m2	9,00	2.368,53	21.316,79	

Capítulo 10: Estimación y análisis de costo | Proyecto Final Integrador | M. Carcavallo

	5.04	Revoque Exterior a la cal común completo	m2	104,00	1.162,18	120.866,83	
	5.05	Revoque Interior completo con enlucido yeso	m2	24,00	1.036,66	24.879,95	
<b>6</b>		<b>CIMENTACIÓN DEL TERRENO</b>					<b>66.842,19</b>
	6.01	Hº Cascotes e=08 cm	m2	80,00	835,53	66.842,19	
<b>7</b>		<b>CARPINTERÍAS</b>					<b>224.531,56</b>
	7.01	Carpintería de Aluminio Vidriada (Ventanas)	m2	1,60	12.222,27	19.555,63	
	7.02	Carpintería de Aluminio (Puertas)	m2	2,00	34.445,23	68.890,46	
	7.03	Carpintería de Hierro (Escaleras)	m2	10,00	13.286,44	132.864,35	
	7.04	Carpintería de Hierro; Rejas	m2	0,42	7.669,33	3.221,12	
<b>8</b>		<b>PINTURAS</b>					<b>26.198,28</b>
	8.01	Latex p/exteriores	m2	24,00	604,05	14.497,29	
	8.02	Latex p/interiores	m2	24,00	487,54	11.700,99	
<b>9</b>		<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>					<b>4.250.000,00</b>
	9.01	Tendido eléctrico e iluminación	gl	1,00	250.000,00	250.000,00	
	9.02	Tablero de control, Sistema Scada, programación PLC	u	1,00	4.000.000,00	4.000.000,00	
<b>10</b>		<b>SISTEMA DE BOMBEO, CONDUCCIÓN y DOSIFICACIÓN</b>					<b>951.860,00</b>
	10.01	Cañería DN 40 Clase 10	m	6,00	157,50	945,00	
	10.02	Cañería DN 110 Clase 4	m	18,00	325,00	5.850,00	
	10.03	Cañería DN 25 clase 10	m	12,00	103,50	1.242,00	
	10.04	Cañería DN 50 Clase 6	m	36,00	200,00	7.200,00	
	10.05	Codo 90° DN 25	u	2,00	52,00	104,00	
	10.06	Codo 90° DN 50	u	6,00	89,00	534,00	
	10.07	Codo 90° DN 110	u	12,00	359,00	4.308,00	
	10.08	Codo 45° DN 110	u	2,00	259,00	518,00	
	10.09	Tee DN 50	u	1,00	159,00	159,00	
	10.10	Válvula antirretorno DN 50	u	4,00	5.000,00	20.000,00	
	10.11	Válvula de compuerta DN 50	u	2,00	4.500,00	9.000,00	
	10.12	Bomba Espa Vigicor	u	1,00	50.000,00	50.000,00	
	10.13	Bomba Espa Drain 100	u	1,00	45.000,00	45.000,00	
	10.14	Bomba Espa Drainex 400	u	1,00	105.000,00	105.000,00	
	10.15	Bomba Espa Drainex 200	u	2,00	77.000,00	154.000,00	
	10.16	Dosificador y medidor de pH	u	1,00	100.000,00	100.000,00	
	10.17	Bomba dosificadora (Coagulante, floculante, cloro)	u	3,00	16.000,00	48.000,00	
	10.18	Dosificador de polvo PCA	u	1,00	350.000,00	350.000,00	
	10.19	Accesorios varios	u	1,00	50.000,00	50.000,00	
<b>11</b>		<b>EQUIPAMIENTO</b>					<b>7.747.352,40</b>
	11.01	Separador API					
	11.01.01	Cadenas barrelados, piñones y paletas	m	80,00	500,00	40.000,00	
	11.02	Ecualizador					
	11.02.01	Soplador Repicky 12,4 HP	U	2,00	300.000,00	600.000,00	
	11.02.02	Difusores	u	60,00	4.000,00	240.000,00	
	11.03	Cámara coagulación y floculación					
	11.03.01	Tanque PVC 4000 litros	u	1,00	70.000,00	70.000,00	
	11.03.02	Agitador	u	2,00	20.000,00	40.000,00	
	11.03.03	Motorreductor	u	2,00	50.000,00	100.000,00	
	11.03.04	Tambos plástico almacenamiento 200L	u	2,00	2.400,00	4.800,00	
	11.04	DAF					

Capítulo 10: Estimación y análisis de costo | Proyecto Final Integrador | M. Carcavallo

	11.04.01	Cadenas barrelos, piñones y paletas	m	4,00	188,10	752,40	
	11.04.02	Cámara presurizadora hidroneumática 80 L	u	1,00	41.500,00	41.500,00	
	11.04.03	Compresor de aire portátil Klatter YF623	u	1,00	1.400,00	1.400,00	
	11.05 PACT						
	11.05.01	Soplador Repicky 0,5 HP	u	2,00	250.000,00	500.000,00	
	11.05.02	Difusores	u	25,00	4.000,00	100.000,00	
	11.05.03	Tanque almacenamiento 200L	u	1,00	2.400,00	2.400,00	
	11.07 Sedimentador						
	11.07.01	Carpintería acero inoxidable: Vertederos	m	10,00	2.600,00	26.000,00	
	11.07.02	Carpintería acero inoxidable: Baffle zona de entrada	m	4,00	2.600,00	10.400,00	
	11.08 Espesador de lodos						
	11.08.01	Motor + motorreductor	u	1,00	60.000,00	60.000,00	
	11.08.02	Barredor / Agitador	u	1,00	20.000,00	20.000,00	
	11.09 Filtro de arena						
	11.09.01	Arena fina	m3	72,00	3.700,00	266.400,00	
	11.09.02	Grava fina/media/gruesa	kg	75,00	32,00	2.400,00	
	11.09.03	Ladrillos comunes	m3	220,00	25.000,00	5.500.000,00	
	11.11 CTMYMC						
	11.11.01	Carpintería acero inoxidable: Vertedero	u	1,00	1.300,00	1.300,00	
	11.12 Medición de caudal						
	11.12.01	Caudalímetro	u	3,00	40.000,00	120.000,00	
<b>12</b>		<b>HONORARIOS</b>					<b>700.000,00</b>
	12.01	Formulación y gestión del proyecto	gl	1,00	500.000,00	500.000,00	
	12.02	Estudio de Impacto Ambiental	gl	1,00	200.000,00	200.000,00	
		<b>TOTAL COSTO NETO</b>	<b>\$</b>				<b>15.076.318,83</b>
		<b>TOTAL PRECIO ESTIMADO</b>	<b>Coef.</b>	<b>1,300</b>			<b>19.600.000,00</b>

## 10.4 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los costos operativos se incurren durante la administración, operación y mantenimiento de la planta y están asociados al caudal tratado, tamaño de la planta y complejidad de la tecnología empleada.

Este costo final se representa como un valor fijo mensual o anual. Se consideran los costos asociados a la utilización de energía eléctrica, la adquisición de materia prima e insumos, los salarios del personal permanente y las inspecciones y mantenimientos preventivos programados.

### *Materia prima e insumos*

La planta de tratamiento diseñada requiere de diferentes insumos y productos químicos de reposición periódica para llevar a cabo los procesos de coagulación, floculación, regulación de pH, adsorción y desinfección. En la tabla XXX a continuación, se detallan los insumos, costos y cantidades necesarias:

Tabla XXX. Cantidades y costos de los insumos químicos.

	Costo unitario (\$/Kg)	Cantidad (mg/m3)	Costo total Anual
PCA	725	1000*	\$ 50.808,00
Pax-18 (Policloruro de Aluminio)	152	24000	\$ 223.695,36
Poliacrilamida (NALCO 71408)	250	4200	\$ 64.386,00
Hipoclorito de sodio	35	50000	\$ 122.640,00
NaOH	600	2000	\$ 73.584,00
<b>Total</b>			<b>\$ 535.113,36</b>

\*Se considera una adhesión de un 10% de concentración de PCA necesaria (10 mg/l) como reposición de carbón virgen, como consecuencia de la pérdida de material durante el proceso de regeneración.

Para el costeo de los insumos se requiere un presupuesto de \$ 535.113,36 anuales + IVA.

### *Energía Eléctrica*

Para estimar el gasto de suministro eléctrico, se estimó el consumo total energético proveniente de los diferentes equipos (Tabla A1 en el Anexo II) y se calculó el costo total en función de la potencia contratada por la empresa en carácter de consumidor industrial (Tabla XXXI).

Según la Resolución ENRE N° 107/2021, La facturación del servicio se realiza a partir de dos costos fijos (Cargo fijo y Cargo por Potencia Contratada) y dos costos variables (Cargo por energía y Cargo por Potencia Adquirida). Los primeros corresponden a costos básicos por el uso del servicio y la demanda de infraestructura eléctrica que requiere la industria para que se garantice el acceso a la potencia máxima contratada. Los cargos variables se relacionan directamente con la energía total neta consumida y la máxima potencia demandada en el período (Energía y Potencia Adquirida, respectivamente), variando el cargo de la primera en función de la franja horaria en la cual se efectúe dicho consumo.

Teniendo en cuenta que la empresa pertenece al grupo de Grandes Demandas (potencias convenidas iguales o mayores a 50 Kw), se consultó el Cuadro Tarifario de Edenor (Tabla A2 Anexo II) y se confeccionó la Tabla XXXI, a partir de la cual se estiman los costos asociados a dicha clasificación:

Tabla XXXI. Tarifas asociadas al contrato de Grandes Demandas

Tarifa base Grandes Demandas			
Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Precio final
Cargo fijo	1	\$ 5.863,60	\$ 5.863,60
Cargo Potencia Contratada	100	\$ 292,32 / kW	\$ 29.232,00
Cargo Potencia Adquirida	80	\$ 87,50 / kW	\$ 7.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 42.095,60</b>

Cabe aclarar que los ítems detallados en la Tabla XXXI “ Tarifa base Grandes Demandas” corresponden a los gastos que la empresa debe abonar por haber contratado una potencia de consumo igual a 100 Kw y utilizar un máximo de 80 kW (estimado) mensual, de forma independiente a la instalación y funcionamiento de la planta de tratamiento. Además, el total declarado en la Tabla XXXI, no representa el costo energético total que la industria abona actualmente de forma mensual, ya que omite los cargos variables asociados a la energía neta consumida en el período.

Paralelamente, se calcularon los costos energéticos que genera exclusivamente el funcionamiento permanente de la planta de tratamiento (Tabla XXXII), a fin de estimar el costo mensual adjudicado a ello:

Tabla XXXII. Cargos energéticos asociados al funcionamiento de la PTELI

Cargos Energéticos PTELI			
Tipo de cargo	Consumo Mensual (KW)	Costo Unitario (\$/KW)	Costo Final (\$)
Cargo Potencia Adquirida	12,41	87,50	\$ 1.085,88
Cargo Variable Pico	1500	2,52	\$ 3.772,50
Cargo Variable Resto	5000	2,41	\$ 12.055,00
Cargo Variable Valle	3000	2,31	\$ 6.930,00
<b>TOTAL</b>	9512,41	-	\$ 23.843,38

Como conclusión, el costo de suministro eléctrico total incurrido por el funcionamiento permanente de la planta de tratamiento corresponde a:

- La porción de Potencia Adquirida adicional que demandará la planta de tratamiento (igual a 12,41 kW adicionales a los 80 Kw demandados actualmente).
- La energía total consumida mensual en cada franja horaria (Pico, Resto y Valle).

Finalmente, el cargo mensual que generará el funcionamiento de la PTELI representa un total de \$23.843,38 (pesos veintitrés mil ochocientos cuarenta y tres con treinta y ocho centavos).

### *Recursos humanos*

La mano de obra implicada en el proyecto consiste en personal capacitado para operar, tomar muestras, administrar y controlar el proceso de tratamiento de los efluentes y garantizar el buen funcionamiento de las unidades. Para cubrir con dichas necesidades, se requiere personal permanente y no permanente.

En el sitio, se requiere de la contratación de:

- Un jefe de planta, encargado de supervisar y controlar el funcionamiento integral de la planta de tratamiento (de horario completo y con servicio de guardias)
- Dos asistentes técnicos especializados, para operar y controlar el proceso de tratamiento.
- Un técnico químico, de asistencia semanal, para realizar toma de muestras y análisis de los resultados.

De forma tercerizada, se deberá contratar un servicio de mantenimiento preventivo, que se encargue de evaluar y/o reacondicionar anualmente los dispositivos sofisticados de automatización y control; y un servicio de mantenimiento tradicional, efectuados trimestralmente, para realizar las limpiezas y arreglos necesarios adecuados al uso de la maquinaria.

A continuación, se resumen los costos de los recursos humanos mencionados:

- Jefe de Planta: \$120.000 mensuales
- Técnicos Operadores: \$90.000 mensuales (c/u)
- Técnico Químico: \$40.000 mensuales.
- Técnico mantenimiento preventivo: \$45.000 anuales
- Técnico mantenimiento integral: \$50.000 trimestrales.

El total a invertir en los recursos humanos es de \$4.325.000 anuales (pesos cuatro millones trescientos veinticinco mil).

### *Disposición de residuos*

El mayor residuo sólido generado como consecuencia del tratamiento son los lodos químicos, en las instancias de separación de grasas y flotación; y lodos biológicos, como resultado de las purgas de lodo desde el sedimentador.

A continuación, se analizará la generación y costos de transporte, disposición y tratamiento de los lodos químicos y biológicos, pero cabe aclarar que dichas estimaciones están sujetas tanto a las constantes de reacción utilizadas para el diseño del tanque biológico (obtenidas de bibliografía) como a las condiciones operativas que se establezcan (Caudales

de recirculación y purga). Es por ello que, llevados a la realidad operativa, la generación y los costos pueden llegar a variar.

#### *Lodos biológicos (Tanque biológico PACT)*

Teniendo en cuenta un caudal de purga de 12,18 m<sup>3</sup>/semana y una concentración de lodos en el espesador del 60%, se estima que el caudal de lodo a regenerarse en el proceso WAR es igual a 4,82 m<sup>3</sup>/semana, equivalente a 4872 kg de lodo semanales. Sabiendo esto, se puede estimar que la generación de cenizas corresponde a 48,7 kilogramos semanales (1% del caudal ingresante), equivalentes a 2540,4 kg anuales (Tablas A2.6 y A2.7 del Anexo II).

Considerando un costo unitario de \$10.000/tonelada, se estima un costo total anual de \$2.540.400 + IVA para el transporte y regeneración del PCA a partir de los lodos biológicos purgados. Considerando el mismo costo unitario, se calcula el costo adicional requerido para la disposición final de las cenizas resultantes del proceso de regeneración, que alcanza \$25.404,00 anuales + IVA. (Tablas A2.6 y A2.7 del Anexo II).

Finalmente, el costo implicado en la regeneración de PCA y la disposición final de las cenizas es de \$ 2.565.804,00 +IVA, con los parámetros operativos mencionados.

#### *Lodos Químicos (Separador API y Tanque DAF)*

En el caso de los lodos químicos, para calcular la generación se tuvieron en cuenta los porcentajes de remoción asumidos en la Tabla VII. Estos lodos deberán atravesar un proceso de recuperación de aceites para luego enviarlos a disposición final. Para estimar los costos del proceso de recuperado de aceite y disposición final, se estimó un costo unitario también de \$10.000/tonelada, obteniendo un costo total anual de \$1.934.208 (Tabla A2.8 del Anexo II).

## 10.5 RESUMEN DE COSTOS DEL PROYECTO

A modo de resumen, se muestra a continuación los costos asociados a la instalación y operación de la PTELI:

Inversión Inicial	Costo operativo anual *	Costo por m3*
\$19.600.000	\$9.630.363	\$ 137,4

\*Al año número 25 de operación

## 10.6 ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO

Finalmente, se presenta un análisis de costo-beneficio, que considera en términos monetarios, los beneficios tangibles e intangibles que ofrece el proyecto frente a los costos anteriormente contemplados.

Al tratarse de un proyecto orientado a un deber regulatorio y ético-ambiental, los beneficios tangibles obtenidos giran en torno al ahorro de costos relacionados a la disposición tercerizada de los efluentes generados y a posibles incumplimientos legales ambientales con respecto a la gestión de los mismos.

Entonces, el punto de vista de este análisis alude al ahorro de costos que genera la implementación del proyecto y a los beneficios socioambientales intangibles relacionados con el bienestar y preservación de la salud y seguridad de los trabajadores y el medio circundante.

Como principal beneficio intangible, cabe mencionar que la instalación de la planta de tratamiento permite llevar una gestión controlada y una disposición final segura de los efluentes, ya que ofrece una operación estandarizada y una supervisión constante de personal especializado en el área. Como resultado, se logra atenuar la nocividad y toxicidad de los efluentes garantizando un vuelco inocuo y disminuyendo los riesgos y peligros asociados a derrames accidentales o manejos inadecuados de los residuos. De este modo se evitan riesgos de afectación de la salud de los trabajadores y de impacto al medio, como así también se garantiza la conservación de la calidad de agua, aire y suelo de la zona.

A su vez, el tratamiento de los efluentes en una PTELI in situ brinda la posibilidad de generar un ahorro de recurso hídrico mediante el potencial que ofrece el efluente a la reutilización del mismo. En caso de que la empresa esté futuramente interesada, se deberá

evaluar la implementación de una etapa adicional de microfiltración para garantizar la eliminación mayoritaria del contenido bacteriológico y lograr un efluente de calidad y seguro para su reutilización.

En cuanto a los beneficios sociales, se destacan la generación de puestos de trabajo, tanto permanentes como eventuales, y movimiento de la economía local y provincial, debido a la adquisición de las maquinarias e insumos.

En lo referido a los beneficios tangibles (monetarios) que supone la instalación de la PTELI, se destaca principalmente la reducción de los costos asociados a la disposición de los efluentes. La disposición tercerizada, que involucra transporte, tratamiento y disposición final por parte de un contratista habilitado, implica un costo medio de \$10.000/Tn de efluente, tal cual se especificó en el análisis de costos de los lodos químicos y biológicos.

Teniendo en cuenta que hoy en día la industria genera 9,03 m<sup>3</sup> efluente industrial por hora productiva y 1,08 m<sup>3</sup> efluente cloacal por hora laboral (Tabla VI), se estima que la generación anual actual estaría alcanzando los 59.042 m<sup>3</sup> de efluente total. Con este dato, se puede estimar que el costo anual actual que debería asumir la industria para tercerizar el tratamiento y disposición de sus efluentes sería de \$590.424.000. Teniendo en cuenta el incremento del 30% de la producción a 25 años, el costo acumulado implicado en la gestión de efluentes sumaría un monto de \$ 15.214.648.203 (Ver tabla A2.9 del Anexo II).

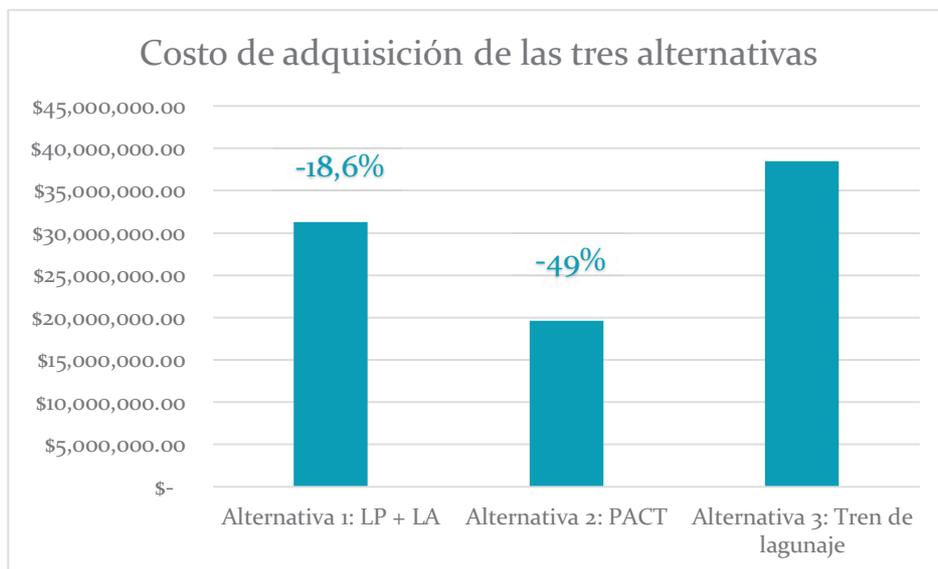
Esto muestra que la instalación y operación de la PTELI es notoriamente más conveniente para la industria, ya que el costo acumulado de la adquisición y operación de la PTELI a 25 años es de \$ 228.647.522, representando un ahorro del 98,5% con respecto al costo de gestión tercerizada (Ver tabla A2.9 del Anexo II).

También es importante señalar que la implementación del tratamiento de efluentes in situ induce una la reducción de riesgo y gastos asociados a multas, apercibimientos o juicios laborales debido a una mala gestión, almacenamiento y/o manipulación de los efluentes; por falta de un área e infraestructura especializadas para la gestión y disposición de los mismos.

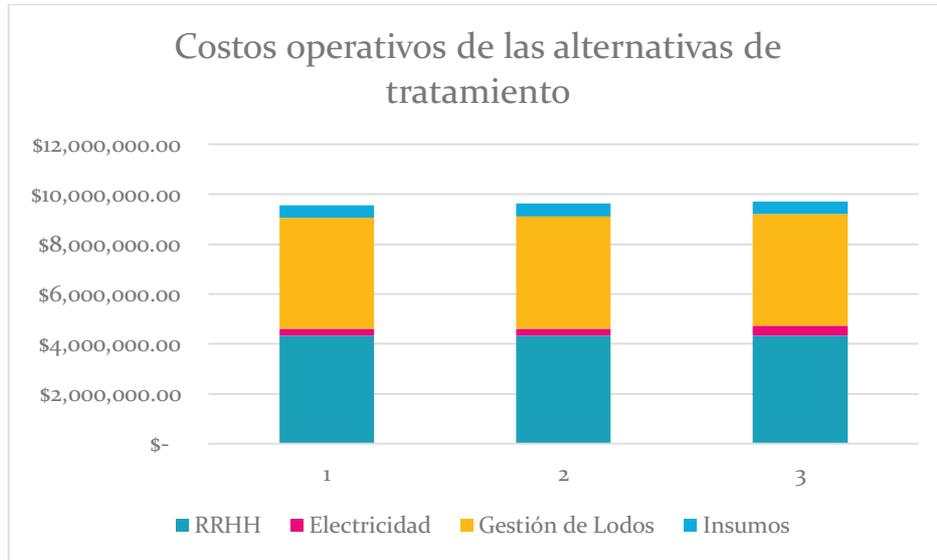
Por otro lado, se vuelve interesante analizar la diferencia de costos generados entre las alternativas de tratamiento propuestas, según lo desarrollado en apartado de "Análisis de

alternativas”. A continuación, se muestran gráficos comparativos que ilustran las diferencias de costos de adquisición y operativos de cada alternativa, también especificados en la Tablas A2.3, A2.4 y A2.5 del anexo II. Para la estimación de los costos operativos, se realizaron las siguientes suposiciones:

- Recursos humanos, asumidos iguales para todas las alternativas.
- Insumos químicos, asumidos iguales para las alternativas 1 y 3.
- Consumo eléctrico, asumidos iguales para las alternativas 1 y 2.
- Gestión de lodos, asumidos iguales para las alternativas 1 y 3.



(a)



(b)

Figura 44. (a) Comparación de costos de adquisición de las tres alternativas; (b) Comparación de costos anuales totales clasificados por rubro de las tres alternativas.

Teniendo en cuenta el comportamiento de los costos acumulados graficados en la figura 44 (a) y (b), puede concluirse que:

1. La alternativa número 2 es la más económica de las 3 en cuanto a su costo de adquisición, implicando un ahorro del 49% con respecto a la alternativa más cara.
2. La alternativa 3 implica los mayores costos operativos, exclusivamente por el alto consumo eléctrico que demanda.
3. Si bien los costos operativos de las tres alternativas son muy similares, la alternativa 1 resultó la más económica de operar, seguido de la alternativa 2, con una diferencia de 0,8%, y por último la alternativa 3, con una diferencia de 1,5%.

## 10.7 FINANCIAMIENTO

La Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires ofrece un Programa de Reconversión Tecnológica de Vertidos Industriales (PRTVI), aprobado mediante la resolución 146/2017, cuyo objetivo es mejorar la calidad de los recursos hídricos y la

eficiencia de las plantas de tratamiento de vertidos generando ahorros en el consumo energético y de agua.

El alcance del mismo incluye a todas las industrias cuyos vertidos industriales se encuentren fuera de las normas de calidad establecidas por la Ley 12.257 y su decreto reglamentario Nro. 3511/2007 y/o todas aquellas que carezcan de un sistema automático de monitoreo continuo de su planta de tratamiento.

Mediante la aplicación al PRTVI, la industria beneficiaria podrá acceder a un crédito otorgado por el Banco Provincia de Buenos Aires mediante un fideicomiso la empresa BA Desarrollo S.A.

De esta manera, la empresa no solo podrá acceder a un financiamiento del costo base, para facilitar el acceso a las tecnologías, agilizar la puesta en marcha del proyecto y obtener un sistema automático de monitoreo continuo; sino que también podrá acceder a múltiples beneficios por parte del ADA, tales como:

- Cancelación de infracciones y clausuras aplicadas por estar fuera de norma,
- Suspensión del pago de multas aplicadas previas
- Otorgamiento de Permiso de vuelco, Permiso de Explotación y Certificado de Aptitud Hidráulica, etc.
- Eliminación del “Registro de Agentes Contaminantes” e inclusión en el “Registro de Establecimientos con Procesos Sustentables”, entre muchos otros.
- Reducción del 50% de la tasa de inspección prevista en la Ley 10474 por tener aplicado y aprobado el sistema automático de monitoreo continuo.

Por estos motivos, se recomienda fuertemente la presentación de una Carta de Intención manifestando interés en la participación en el PRTVI.

## 10.8 CONCLUSIONES

La instalación de la mejor alternativa de tratamiento para los efluentes requiere de una inversión inicial de \$ 19.600.000 + IVA e implica un costo operativo medio de \$ 137,4 + IVA / m<sup>3</sup> de efluente tratado.

Como se ha analizado, la disposición de los efluentes industriales sin tratamiento implica un costo notablemente mayor tanto económico como ambiental, como así también riesgos asociados a la afección de la salud y seguridad de los trabajadores.

Finalmente, se ha propuesto la posibilidad de aplicar al Programa de Reversión Tecnológica de Vertidos Industriales de la Autoridad Del Agua, a partir del cual se le otorga a la empresa un asesoramiento técnico y un apoyo financiero para la construcción y/o remodelación del proyecto.

## CAPÍTULO 11: Cronograma del proyecto

Para estimar la fecha de inicio del proyecto y sus tiempos ejecución, debe establecerse una programación y planificación de todas las actividades incluidas en el mismo.

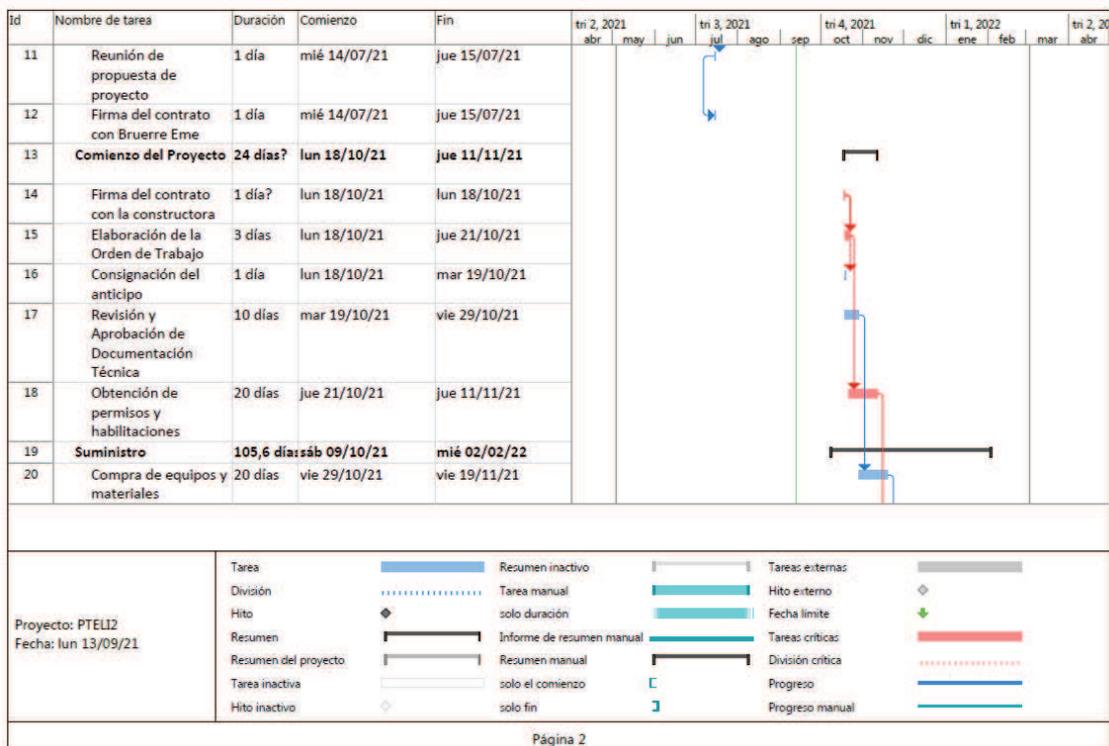
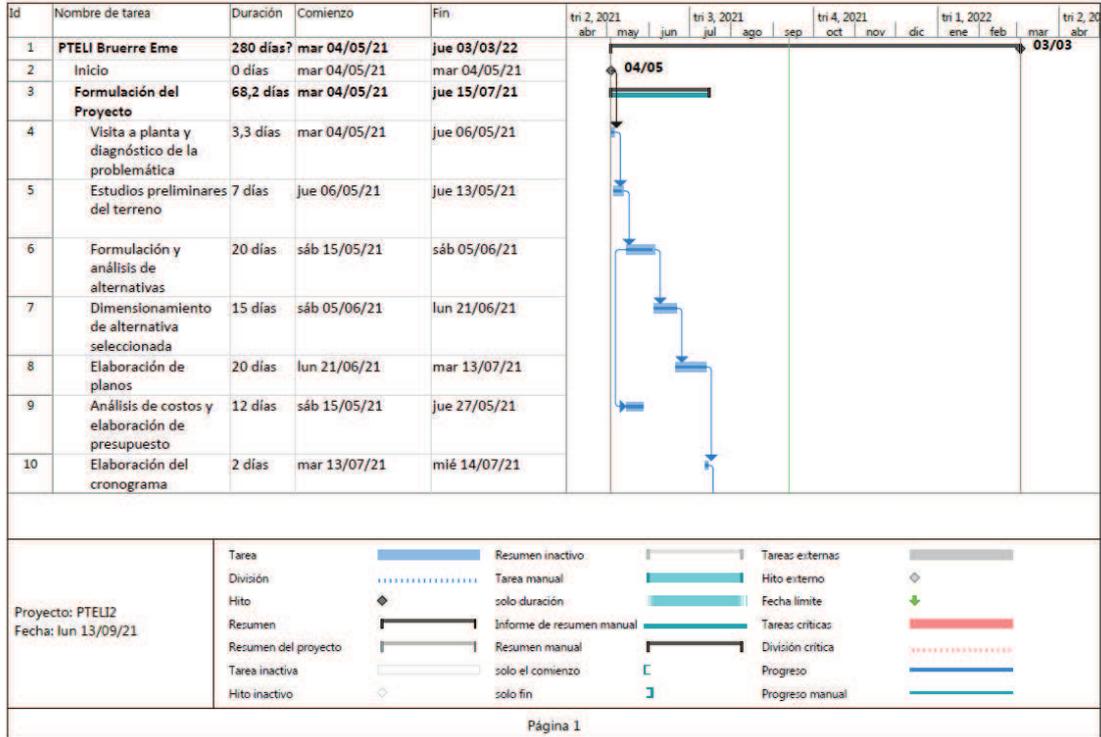
Teniendo en cuenta la situación actual de emergencia sanitaria debido a la pandemia mundial del Covid-19, se debe poner especial atención en el cronograma de planificación y construcción de la PTELI, pudiendo verse afectados tanto los tiempos de logística e importaciones como a la ejecución de la propia obra, implicando potenciales retrasos en el cumplimiento de plazos e incrementos de los presupuestos establecidos en el contrato con el cliente. De esta manera, la confección de un cronograma permite:

- La fijación de hitos y objetivos cronológicos a cumplir, dando lugar a un plan de acción claro y preciso;
- Una distribución inteligente de la inversión del tiempo los recursos, insumos y materiales;
- El trazado de un plan de suministro ajustado a las necesidades, que logre negociaciones óptimas con fechas de entrega y condiciones de pago convenientes.
- La detección de las actividades críticas que sean determinantes en los procesos, permitiendo gestionarlas de manera específica;
- Un soporte a la hora de tomar de decisiones ante problemáticas o contingencias.

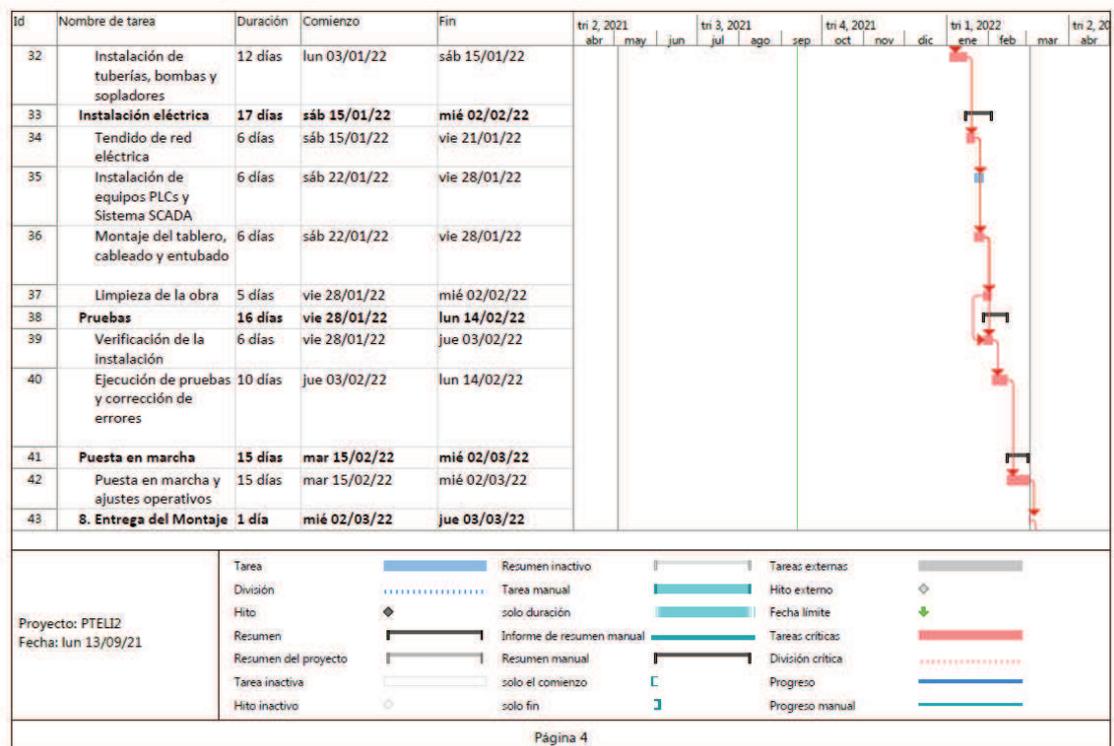
De esta forma, se obtiene como resultado una disminución y/o eliminación de tiempos muertos y potenciales gastos innecesarios, permitiendo finalizar la obra de la PTELI en tiempo y forma y dentro de los costos estipulados.

Para ello, se desarrolló un diagrama de Gantt (Figura 46), que muestra la programación de las acciones a concretar entre la Etapa de Planificación y la Etapa de Construcción. A partir del mismo, se puede observar la distribución, duración, fechas y porcentaje de avance de las actividades implicadas. Esto permite estimar la fecha de finalización de la obra, coincidente con la fecha de comienzo de la etapa operativa. A su vez, también se representa la Ruta Crítica, en la cual se resaltan las actividades cuyo retraso inmediato impacta directamente en el tiempo de ejecución programado del proyecto.

Capítulo 11: Cronograma del Proyecto | Proyecto Final Integrador | M. Carcavallo



Capítulo 11: Cronograma del Proyecto | Proyecto Final Integrador | M. Carcavallo





# CAPÍTULO 12: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

## 12.1 RESUMEN EJECUTIVO

En vista del cumplimiento de la legislación vigente y la normativa ambiental aplicable, se desarrolla en el presente informe el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) realizado para el proyecto “Diseño de una Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos para una fábrica de lubricantes y aditivos industriales”. El objetivo principal de este estudio es detectar los factores ambientales y socioeconómicos susceptibles a ser impactados directa e indirectamente debido al desarrollo del proyecto. A su vez, se determinan, analizan y cuantifican los impactos negativos a fin de establecer las medidas necesarias para prevenir, mitigar y/o compensarlos.

El estudio se elaboró sobre la base de los lineamientos establecidos en la Resolución 492/19 del OPDS, en marco de la Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Nº 11.723), a fin de dar cumplimiento con los requerimientos exigidos y obtener las aprobaciones correspondientes.

El proyecto en cuestión consta de la instalación de una Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos (PTELI) para el tratamiento de los efluentes productivos y cloacales de la industria. El propósito del mismo es desarrollar una actividad industrial preservando el medioambiente y la salud y seguridad de los trabajadores y la población circundante.

La PTELI estará localizada dentro del predio de la industria, ubicada en la Ciudad de Máximo Paz, localidad de Cañuelas, Provincia de Buenos Aires. Dista a 65 km de la Ciudad de Buenos Aires y se ubica a 200 metros de la Autopista Ezeiza-Cañuelas, acceso rápido de conexión con la misma.

El proyecto se divide en 4 etapas: Formulación y comienzo del proyecto, Construcción, Operación y Cierre y tendrá una duración total de 25 años.

El área de influencia directa del proyecto comprende al terreno de emplazamiento y la localidad de Máximo Paz. El área de influencia indirecta comprende a la anterior más la Ciudad de Cañuelas, incluyendo el acceso rápido de la Autopista Ezeiza-Cañuelas.

La ejecución del proyecto presentado traerá aparejada la generación de impactos beneficiosos y perjudiciales para el medioambiente, los cuales pueden ser identificado gracias al desarrollo del presente EIA. Dentro de los impactos positivos se destacan la preservación de la salud y seguridad de los trabajadores, vecinos y medioambiente, como consecuencia de la reducción de toxicidad y nocividad del efluente generado; la generación de empleo; y la activación del mercado, ocasionando, indirecta y consecuentemente, el crecimiento económico local.

Los impactos negativos más significativos de la etapa constructiva están vinculados a la modificación del paisaje, la afectación a la calidad del aire y suelo y la generación de ruido, como consecuencia de las actividades de nivelación, excavación, movimientos de suelos y edificación. Durante la etapa operativa, los mayores impactos identificados corresponden a la afectación a la calidad del aire, debido a la liberación de VOCs de las unidades de la PTELI; el aumento del tráfico vehicular debido al transporte de empleados y la gestión de residuos peligrosos; la afectación a la calidad del suelo por el vuelco final del efluente tratado (sobre todo durante los mantenimientos de las unidades); y la generación de ruido por la acción de los sopladores y bombas. Además, esta etapa insume un alto consumo de energía de forma continua. La afectación a la flora, la fauna y la calidad de vida del vecindario se dan a lo largo de todas las etapas del proyecto. Durante la etapa de cierre, los impactos más relevantes tienen que ver con la generación de ruido y vibraciones como consecuencia del desmantelamiento.

Tras el desarrollo del presente EIA, el proyecto "Diseño de una Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos para planta productora de lubricantes y aditivos industriales" se cataloga como VIABLE, ya que, de cumplirse con las medidas propuestas, podrá ser factible la reducción de la significancia de los impactos y la recuperación mayoritaria a corto y/o mediano plazo del estado original de los factores ambientales.

## 12.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Si bien la empresa y el proyecto fueron descriptos de forma detallada en los capítulos 2 y 6, se resume a continuación los datos más relevantes:

### *La Industria*

- Ubicación: Cañuelas, Provincia de Buenos Aires, Argentina
- Zona: Urbana Industrial
- Rubro: 'Fabricación de productos químicos n.c.p
- Actividad principal: Fabricación de lubricantes y aditivos industriales
- Horario de operación: lunes a sábado de 6 a 16 horas
- Superficie cubierta: 2500 m<sup>2</sup>
- Servicios: Electricidad, líneas telefónicas y recolección de residuos puerta a puerta.

### *Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos*

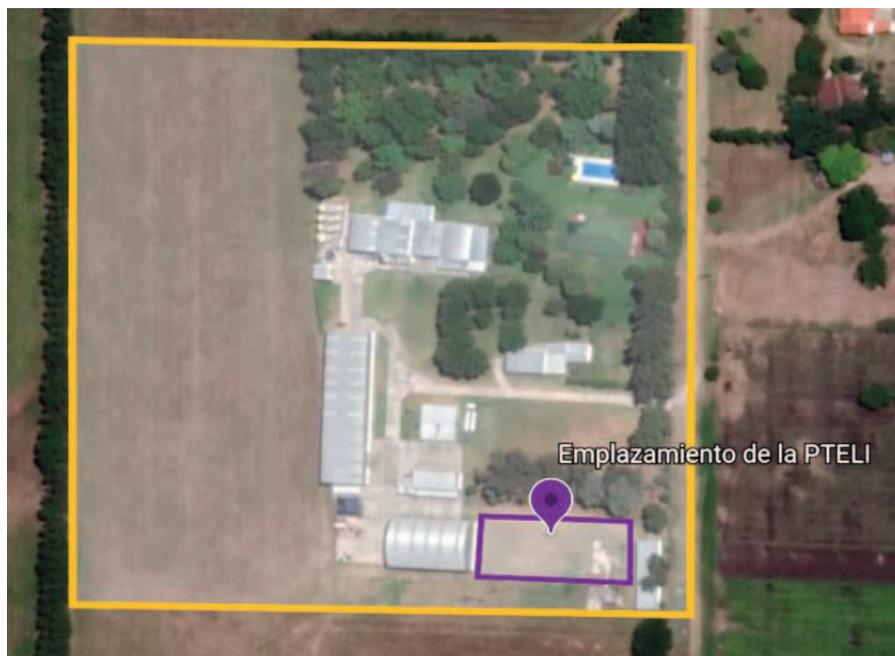
- Ubicación: Dentro del terreno de la empresa.
- Capacidad de tratamiento: 8 m<sup>3</sup>/h (192 m<sup>3</sup> diarios).
- Efluentes a tratar: Industrial y domiciliario
- Superficie ocupada: 200 m<sup>2</sup>
- Cuerpo receptor: suelo vegetal.
- Tratamiento involucrado: Primario, secundario y terciario, conformados por 13 operaciones unitarias totales.

La descripción detallada de la composición y funcionamiento de las unidades enlistadas anteriormente se encuentran en el apartado 6.3.2 "Alternativa 2: Sistema de lodos activos con tecnología PACT (Power Activated Carbon Treatment) + WAR (Wet Air Regeneration)".

## 12.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se emplazará dentro del terreno de la industria (Figura 47), cuya localización y accesos se encuentran detallados en el apartado **2.2.3 Localización y accesos**.

En la figura 47 a continuación, se esquematiza la ubicación del proyecto en el terreno de la empresa.



*Figura 47. Área del proyecto.*

Los terrenos circundantes al proyecto son en su mayoría baldíos, con algunas viviendas dispersas, como bien puede apreciarse en la Figura 48:



Figura 48. Imagen satelital del terreno de la empresa y área circundante.

## 12.4 DURACIÓN Y ETAPAS DEL PROYECTO

El proyecto tendrá una duración total de 26 años. Se divide en cuatro etapas:

### 1. Formulación y comienzo del Proyecto

Etapa destinada a realizar el análisis de la situación presente, de las problemáticas a resolver y la definición de las necesidades del cliente. Involucra el estudio del proceso productivo y las actividades complementarias de la industria, la composición de los efluentes generados, estudios preliminares del área de emplazamiento y definición de la normativa aplicable. Luego, se definen los objetivos de desarrollo e inmediatos del proyecto, se formulan las alternativas de tratamiento y se selecciona la más adecuada a las necesidades planteadas en base a la etapa anterior. Posteriormente, se da lugar al dimensionamiento y diseño de la propuesta, análisis y estimación de costos y análisis de riesgos.

Finalmente, se lleva a cabo la firma del contrato entre la industria cliente y la consultora ambiental.

Duración estimada: 4 meses

## 2. Construcción y puesta en marcha.

Se trata de una etapa que involucra varias actividades legales, administrativas, logísticas, constructivas y de gestión.

En primer lugar, se efectúan gestiones administrativas legales, como las tramitaciones de permisos y licencia de obra; y contractuales, como la contratación de los servicios tercerizados (construcción civil, instalación eléctrica, sistema de automatización, etc.) y la revisión y aprobación de los documentos, procedimientos y cronograma de obra.

Una vez establecidos las versiones listas para construcción de todos los documentos, se procede al inicio de la obra y montaje de la PTELI. Al terminar, se realiza la instalación eléctrica, el montaje de los equipos de medición y control y la instalación y adecuación del sistema de automatización.

Finalmente, se lleva a cabo la puesta en marcha de la planta y de los equipos de medición.

Duración estimada: 6 meses

## 3. Operación.

Etapa operativa de la PTELI. Involucra, al inicio, la contratación del personal idóneo responsable. Luego, el desarrollo de la operación, control y mantenimiento de la planta de tratamiento durante toda su vida útil.

Duración (vida útil): 25 años.

## 4. Cierre y abandono.

Reúne todas las actividades de demolición y revalorización estructural de la infraestructura, limpieza y liberación del terreno.

Duración estimada: 2 meses.

## 12.5 DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DEL PROYECTO

Con el objetivo de identificar las potenciales acciones de impacto, se detallan a continuación las actividades, insumos y servicios requeridos y residuos generados como consecuencia de la ejecución del proyecto a partir del inicio de la obra.

### 12.5.1 Etapa constructiva

#### **Actividades**

La presente etapa abarca todas las actividades necesarias para construir y montar la PTELI diseñada. Incluye numerosas tareas, especificadas a continuación:

1. Recepción de equipos, materiales y armado de inventario
2. Gestión de residuos de la obra.
3. Limpieza y preparación del terreno.
4. Nivelación del terreno
5. Excavaciones, Movimiento de tierras y escombros
6. Transporte de obradores, maquinarias y materias prima.
7. Cimentación e instalación de unidades operativas y estructuras metálicas.
8. Instalación del sistema de conducción e impulsión
9. Instalación eléctrica y sistema de automatización (PLCs y SCADA)
10. Montaje del tablero y la sala de control
11. Contingencias
12. Limpieza de la obra
13. Verificación de la instalación, pruebas y corrección de errores
14. Puesta en marcha
15. Entrega del montaje
16. Capacitación del personal

#### **Insumos y servicios**

Durante esta etapa se requerirán múltiples insumos, materiales, maquinarias y mano de obra, detallados en el apartado de "Costos", y resumidos a continuación:

#### **Materiales**

- Áridos de construcción y contenedores.
- Cañería de pvc y accesorios.
- Estructuras accesorias metálicas de las unidades (Cadenas, engranajes, rejas, agitadores, etc.)
- Bombas y sopladores.
- Cartelería de advertencia

#### *Herramientas y Maquinaria*

- Maquinaria para excavación, nivelación y perforación de suelos (*Taladro de perforación rotatoria, Excavadoras, Moto Niveladoras, Rodillos Compactadores, Palas Cargadoras, Camiones de carga y descarga.*)
- Herramientas de albañilería

#### *Servicios*

- Agua para consumo humano.
- Agua para cimentación y obra civil
- Fuerza motriz
- Gestión de sanitarios químicos

#### *Mano de obra*

Esta etapa requerirá un total de 25 empleados, dentro de los que se incluyen: Ingenieros, arquitectos, maestros mayores de obras, obradores capacitados, entre otros

### ***Residuos y emisiones***

#### *Residuos líquidos.*

Durante la etapa constructiva se generarán efluentes líquidos a partir de tres orígenes:

- *Domésticos/Cloacales:* Provenientes de la cocina y del uso de los sanitarios químicos portátiles.
- *Industriales:* Efluentes del lavado y limpieza de maquinaria (soluciones contaminadas con grasas y aceites minerales)
- *Accidentales:* Drenaje de efluentes de construcción (cemento) y derrames accidentales de gas oil de las maquinarias. En estos casos, el tratamiento de los mismos se ajustará a los estándares de seguridad industrial y medio ambiente, como

puede ser la utilización del “kit anti-derrame” y la disposición correspondiente del suelo afectado.

Todos ellos se almacenarán transitoriamente para luego ser retirados y dispuestos por la compañía prestadora de dicho servicio.

#### *Residuos Sólidos.*

- *Domésticos:* Son aquellos generados por los obradores y empleados durante las actividades de descanso y almuerzo. Incluyen latas, vidrios, plásticos, cartones, papeles y demás desechos. Los mismos serán dispuestos de forma inicial en contenedores adecuadamente diferenciados según los estándares del contratista. Posteriormente serán retirados por el servicio correspondiente para su correcto tratamiento y disposición final.
- *Industriales:* Comprende los residuos generados por la actividad productiva. Éstos deben ser retirados por un servicio habilitado contratado. Incluyen:
  - *Residuos generales y reciclables:* Restos de embalaje de equipos y materiales, restos de materiales dañados o sucios, neumáticos usados, residuos de construcción/demolición, sobras de materiales, etc. El material reciclable será rescatado y entregado a cooperativas recicladoras. Los sobrantes serán dispuestos en contenedores para que sean retirados por el correspondiente servicio habilitado contratado para residuos industriales.
  - *Residuos peligrosos:* Materiales y/o suelo contaminados con aceites, grasas o combustibles, residuos de soldadura, pilas y/o baterías usadas, restos de PVC, etc. Estos residuos serán almacenados en contenedores dentro del recinto existente de la empresa, correctamente etiquetados y señalizados a la espera de su retiro por un servicio externo autorizado y habilitado que se encargue de su correcto transporte y disposición final segura en un relleno de seguridad.

#### *Emisiones atmosféricas*

Durante la etapa constructiva, las principales emisiones atmosféricas corresponderán a:

- Material particulado provocado por el tránsito de los camiones y maquinaria sobre los caminos de tierra y por el constante movimiento de suelos y áridos de construcción.
- Gases de escape (CO<sub>2</sub>, CO, HC, NO<sub>x</sub>, Sox, MP)

#### *Emisiones sonoras*

Se generarán emisiones sonoras debido al funcionamiento de equipos. Vehículos y maquinarias de construcción. Se estima un rango variable de 80 y 93 db de forma discontinua.

### **12.5.2 Etapa operativa**

#### **Actividades**

Durante la etapa operativa se llevan a cabo la operación, control y mantenimiento de la planta, que involucra:

1. Puesta en marcha y funcionamiento las unidades de la planta: tratamiento y disposición de los efluentes.
2. Mantenimiento y limpieza periódicas de las unidades.
3. Consumo de energía y abastecimiento de insumos químicos.
4. Gestión de residuos especiales (Cenizas) e industriales

#### **Insumos**

Se requiere principalmente acceso a la red de electricidad y abastecimiento de los insumos químicos como el coagulante, floculante, cal, cloro y polvo de carbón activado (Detallados en la planilla de Costos.)

En cuanto a la mano de obra, debe ser especializada de cada área, tal que pueda cumplir con las actividades mencionadas en el apartado anterior.

#### **Residuos y emisiones**

Los residuos generados en la etapa operativa son principalmente emisiones de VOCs, sólidos especiales y sólidos industriales.

- *Residuos industriales:* generados principalmente por restos de embalajes y contenedores de la mercadería (bolsas, plásticos, bidones, etc.). Al igual que en la etapa constructiva, aquellos que sean reciclables serán recuperados y entregados a cooperativas, mientras que el resto será dispuesto inicialmente en contenedores apropiados y retirados por el servicio contratado para su disposición final.
- *Residuos Peligrosos:* Corresponden principalmente a las cenizas generadas como resultado del tratamiento de lodos, pero también a residuos generados en la sala de control como baterías, cartuchos de impresora, tubos de luz, etc. A los mismos se les dará acopio en contenedores y recintos apropiados y correctamente señalizados para luego ser retirados periódicamente por el servicio contratado para su transporte y disposición final segura en un relleno de seguridad.

#### *Emisiones atmosféricas*

En esta etapa las emisiones atmosféricas generadas corresponderán a los VOC's liberados a partir del contacto del efluente industrial con el exterior en las diferentes unidades de tratamiento: Separador API, Ecuilizador, Tanque DAF y Reactor biológico.

#### *Emisiones sonoras*

Las emisiones sonoras generadas en la etapa operativa corresponden a los sopladores y las bombas, que operarán de forma continua.

### **12.5.3 Etapa de cierre**

#### **Actividades**

Para concluir con el cierre del proyecto, es necesario llevar a cabo las siguientes actividades

1. Cese de las actividades del complejo y de la oferta laboral.
4. Desmantelamiento / Re- acondicionamiento de las instalaciones para nuevo uso.
5. Limpieza del terreno y disposición de residuos sólidos.

### **Insumos**

Para el cierre, se requiere alquiler de maquinaria y contratación de personal de mantenimiento para reacondicionar las instalaciones. A su vez, se requerirá de mayor cantidad de personal de maestranza para la limpieza final del terreno.

### **Residuos y emisiones**

*Residuos líquidos.* Corresponden a los ya mencionados en la etapa constructiva.

*Residuos sólidos.* Corresponden principalmente a residuos de demolición. Los mismos se acumularán en container adecuados y serán retirados por la empresa contratada para su disposición.

*Emisiones Atmosféricas y sonoras.* Se corresponden con las generadas en la etapa constructiva.

## **12.6 ÁREAS DE INFLUENCIA**

El área de influencia es el territorio en donde potencialmente se manifiestan los efectos e impactos del proyecto sobre el medioambiente circundante o a alguno de sus componentes naturales, sociales y/o económicos. Estas alteraciones pueden tener una duración variable y darse a lo largo de diferentes períodos de tiempo (Carcavallo, 2020).

### **12.6.1 Área de Influencia Directa**

El área de influencia directa (AID) comprende el ámbito espacial en el que se manifiestan significativamente los impactos directos provocados por el proyecto. Es posible determinarla considerando los siguientes aspectos:

1. Área de emplazamiento del proyecto (AE): Espacio físico que ocupará la edificación terminada del proyecto. En este caso son los 200 m<sup>2</sup> delimitados de superficie que ocupará la PTELI, tal como se representó en la Figura 47.

2. Área de operación y servicios del proyecto: Corresponde al área interviniente en las actividades que se desarrollan a lo largo de todo el proyecto. Dentro de esta categoría se incluye al resto del terreno perteneciente a la fábrica, los lotes de los vecinos próximos a la industria y a los caminos de acceso desde la ciudad de Máximo Paz, desde donde provendrán todos los recursos materiales y mano de obra.

3. Límites jurídico-administrativos, establecidos por el marco regulatorio del manejo de los efluentes líquidos de la Ciudad de Cañuelas y de la Provincia de Buenos Aires; Límites Físico-biológicos, establecidos a partir de la transformación de la topografía del terreno, alteración del paisaje, cambio de la calidad y usos del suelo e influencia en la flora y la fauna local; y Límites Socioeconómicos, determinados por el área de influencia social directa (AISD), es decir, la población afectada por impactos sonoros, tráfico vehicular, aumento del empleo, competencia comercial, entre otros factores (Carcavallo, 2020).

Mediante el análisis de todos los aspectos mencionados, queda definida el AID (Figura 49).

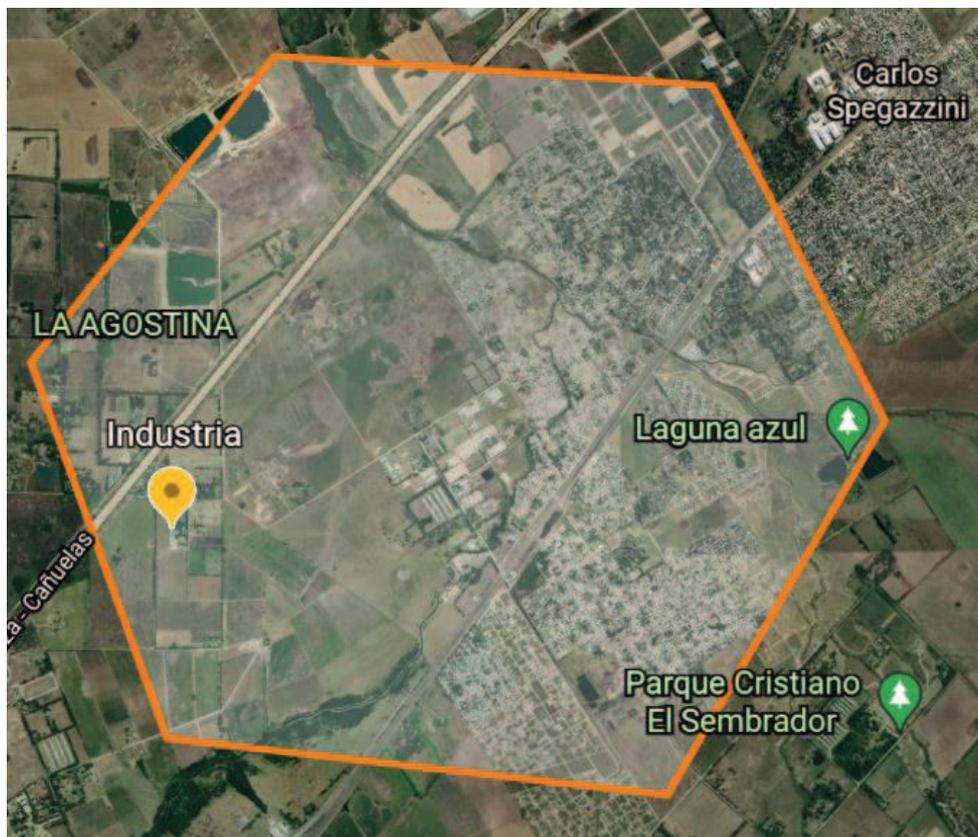


Figura 49. Área de Influencia Directa del Proyecto. Abarca el terreno de emplazamiento de la fábrica y la localidad de Máximo Paz.

### 12.6.2 Área de Influyente Indirecta

El Área de Influencia Indirecta (AII) es el espacio en el que se manifiestan los impactos ambientales indirectos o inducidos, es decir aquellos que ocurren en un sitio diferente a

donde se produjo la acción generadora del impacto ambiental, y posiblemente en un tiempo diferido. Dentro de los mismos se tuvieron en cuenta los impactos en la bolsa de trabajo local, en la economía regional, en el tránsito y consumo de insumos y servicios, entre otros. El AII queda constituido entonces por la localidad de Máximo Paz, la Ciudad de Cañuelas y sus rutas de acceso (Figura 50).



Figura 50. Área de Influencia Indirecta del proyecto. Abarca la Ciudad de Cañuelas, la localidad de Máximo Paz y la autopista Ezeiza-Cañuelas que las une.

## 12.6 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA

La caracterización ambiental consiste en la definición de la Línea Base del territorio. Se trata de un análisis descriptivo y exploratorio de las condiciones iniciales de una región,

territorio o población en el cual se realizará una intervención. En el mismo, se detallan las características de dicha región, territorio o población y del área de influencia de la intervención de forma previa a su implementación (Yañez Wendorff, Whittembury Talledo, Burgos Quiñones, & Jesusi Poma).

Se distinguen la Línea de Base Física, Biológica y Socio-económica.

### ***12.6.1 Línea de Base Física.***

La determinación de esta línea de base busca caracterizar las potencialidades y limitantes del medio abiótico presentes en el predio, así como las condiciones climáticas, geológicas, geomorfológicas, edafológicas e hidrológicas. Esto permite reconocer el terreno para lograr una evaluación de proyecto adecuada para el caso en particular. Las fuentes utilizadas para la presente caracterización fueron el Servicio Meteorológico Nacional, ACUMAR y trabajos de investigación y tesis de grado de diferentes universidades, entre otros.

#### ***12.6.1.1 Clima***

##### *Generalidades*

El área de estudio pertenece a la región Pampeana, caracterizada por un clima subtropical húmedo o templado pampeano, con veranos templados y húmedos e inviernos frescos y más secos. Las precipitaciones se distribuyen de forma irregular a lo largo del año, concentrándose principalmente en la estación cálida. La temperatura media anual ronda los 17°C y la media pluviométrica suele rondar los 1000 mm.

##### *Caracterización específica*

Para la caracterización climática específica de Cañuelas se utilizaron los datos brindados por la Estación Meteorológica de Ezeiza del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), ubicada a 33 km de Cañuelas. El período considerado para la confección de los datos corresponde a 1981-2010.

La temperatura media anual del área en el período considerado es de 16,5°C. El mes más frío del año es julio, con una temperatura mínima media mensual de 5°C, y los meses más cálidos son diciembre y enero, con máximas medias mensuales de 28°C y 30°C respectivamente. Pueden observarse las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales en el gráfico expuesto en la Figura A3.4 del Anexo III.

Las precipitaciones se distribuyen a lo largo de todo el año, concentrándose principalmente desde el mes de octubre hasta el mes de marzo (Figura A3.4 del Anexo III). Las tormentas y precipitaciones ocasionadas por vientos locales se rigen por los choques entre las masas de aires fríos y secos del sudoeste, procedentes del Anticiclón del Pacífico Sur, con las masas de aire cálido y húmedo provenientes del Anticiclón del Atlántico Sur. El mal clima generado por dichas condiciones puede llegar a durar varios días consecutivos. Por el contrario, las lluvias de tipo convectivo son de menor duración y ocurren durante el verano (Pereyra, 2004). En el diagrama de la figura 8 también pueden observarse las precipitaciones mensuales medias acumuladas. El valor medio anual de precipitaciones en el período considerado es de 1021,3 mm.

Los vientos del territorio argentino se encuentran principalmente regulados por los Anticiclones del Atlántico Sur y del Pacífico Sur, que conforman los vientos locales "Pampero" y "Sudestada". El primero se trata de un viento frío y seco que sopla desde el Sur o Sudoeste, pudiendo alcanzar una velocidad de hasta 100 km/h. Provoca grandes descensos de humedad y temperatura, aunque ocasionalmente también puede generar tormentas. La Sudestada trae vientos fuertes del Sudoeste, con lluvias continuas y baja temperatura. Si se mantiene durante varios días y se presentan otras cuestiones naturales, el nivel del Río de la Plata aumenta y dificulta el drenaje de ríos menores, ocasionando inundaciones. Generalmente se produce en los meses invernales y al comienzo de la primavera.

Fuera de las condiciones mencionadas, los vientos restantes que soplan en la zona de estudio se clasifican como "brisas" o "vientos leves", ya que poseen un valor medio anual de 13 km/h y normalmente se mantienen dentro un rango entre 10 y 15 km/h, según las mediciones de la Estación Meteorológica de Ezeiza.

La Humedad Relativa media anual alcanza un valor del 76% y la Presión media anual a la altura de la estación es de 1012,7 hPa.

### **12.6.1.2 Geología**

El área de estudio corresponde a la región de la Llanura Pampeana. Su geología es el resultado de una serie de acontecimientos del tipo estructurales y sedimentarios, ya que se encuentra constituida por un basamento de naturaleza cristalina y una serie de depósitos sedimentarios interrumpidos por pequeñas fallas tectónicas (Kruse & Zimmermann).

Esta llanura conforma una gran cuenca tectónica de hundimiento que fue paulatinamente rellena por sedimentos de origen continental y marino durante unos 5 millones de años, desde el inicio del Plioceno hasta el Holoceno. Luego de la sedimentación del manto loésico cuaternario, sucesivos movimientos epirogénicos de las rocas madre revivificaron las fallas de la cuenca superior, reactivando las partes erosivas y causando hundimientos entre bordes salientes (Malpartida, 2003). A su vez, ocurrieron regresiones de los ríos e intrusiones marinas. Esto explica la carencia de una pendiente continua de la llanura y la presencia de depósitos de sedimentos marinos y costeros.

Las unidades geológicas aflorantes y más recientes corresponden a los sedimentos "Pampeanos" y "Post-Pampeanos". Estos depósitos conforman el sustrato principal de la Ciudad de Buenos Aires y el Conurbano Bonaerense. Los Pampeanos se encuentran compuestos mayoritariamente por sedimentos de origen eólico (loess y limo loessoides) más o menos arenosos o arcillosos, cubiertos por diferentes tipos de humus. Los sedimentos Post-Pampeanos comprenden a la trama fluvial y se encuentran intercalados con diferentes niveles de paleo-suelos y depósitos marinos y costeros, intercalados en su base con areniscas muy finas y concreciones calcáreas y yesíferas (Santa Cruz, s.f)

El perfil geológico general del subsuelo regional está definido por las siguientes unidades:

- *Basamento Cristalino*: Es una formación rocosa de naturaleza cristalina y origen metamórfico, correspondiente a un desprendimiento del escudo rocoso de Brasilia. Se encuentra a partir de los 500 metros de profundidad pero aflora a la superficie de forma puntual, en las Sierras Subandinas, Sierras Pampeanas y Sierras de Tandilia y Ventania.

- *Formación Olivos*: Se expresa desde los 300 a los 500 metros de profundidad aproximadamente. Está conformada por arcilitas y limolitas yesíferas y carbonatadas de coloración pardo a rojizo, de origen eólico y fluvial.
- *Formación Paraná*: Entre los 60 y 300 metros de profundidad. Integrada por arcilitas verdes - azuladas y grisáceas de origen marino y arenas amarillentas en la base, altamente salinizadas. Los niveles inferiores son arenosos.
- *Formación Puelches*: de los 44 a 60 metros, compuesta por arenas finas medianas, cuarzosas, color generalmente amarillento. A su vez, presenta litofacias limosas o miembros más finos que suelen reemplazar a la arena típica, con la consecuente implicancia hidrogeológica. Tiene un origen fluvial.
- *Pampeano y Post-Pampeano*: desde la superficie del terreno hasta los 44 metros de profundidad. Son de color verdoso, grisáceo o amarillento. Tienen gran importancia hidrogeológica porque aportan sales a las aguas subterráneas

La Llanura Pampeana se extiende desde Bolivia y Paraguay hacia el sur, limitada al oeste por las Sierras Subandinas y pampeanas, al sur por la cota de 200 metros hasta el río Colorado y al sudeste por las sierras de Tandilia y Ventania y el litoral atlántico.

### **12.6.1.3 Geomorfología**

La sub-región morfológica a la que pertenece la zona de estudio es la Pampa Ondulada, ubicada en la franja litoral comprendida por los ríos Paraná, Del Plata, Salado, Matanza, Riachuelo y Arroyo del Medio. El paisaje se caracteriza por poseer ondulaciones marcadas, barrancas, terrazas fluviales y bajos inundables. Las cuencas de drenaje se encuentran no definidas o poco definidas, con textura gruesa o muy gruesa. Las planicies de inundación son angostas y limitadas a las zonas vecinas de los cauces (Dall' Armellina & Fernández Bussy, 2010). El nivel del territorio está a menos de 100 msnm y los desniveles de las ondulaciones son inferiores a los 5 m. Las barrancas pueden presentarse en alturas de 10 a 15 m. Con respecto a los valles fluviales, se caracterizan por ser abarrancados, meandrosos

y aterrizados (UNSAM, 2010). La pendiente dominante es hacia el NE y los gradientes topográficos extremos varían entre 1,3 y 0,7 m/Km.

El terreno del proyecto se ubica en las coordenadas 34°56'09.5" latitud S 58°38'44.8" latitud O y posee una altitud de 24 msnm.

#### **12.6.1.4 Edafología**

El área de estudio se encuentra compuesta por suelos loésicos y limos pampeanos de buen drenaje, de escurrimiento normal y originalmente tapizados de vegetación herbácea. Debido a la antigüedad de las rocas madres y las condiciones geológicas dadas, resultan ser suelos maduros y bien desarrollados edáficamente (Malpartida, 2003).

Corresponden a la taxonomía del tipo Molisol. Se caracterizan por poseer un epipedón mólico (horizonte superficial oscuro, profundo, fértil, con altos contenidos de materia orgánica y nutrientes) y un horizonte subsuperficial arcilloso. Poseen una gran aptitud agrícola, aunque son muy susceptibles a la erosión. Son típicos de áreas semiáridas y semihúmedas, como los ecosistemas de pradera y pastizal. Se componen de calcita, areniscas y sedimentos arcillosos de origen eólico.

#### **12.6.1.5 Hidrología**

Las particularidades hidrológicas y las variaciones en la distribución de cuerpos lagunares y redes de drenaje dependen tanto de las condiciones climáticas como de las características geológicas-morfológicas mencionadas en los párrafos anteriores.

El comportamiento hidrológico de la región puede explicarse mediante los balances hídricos, definidos por la diferencia entre los ingresos y egresos de agua y su consiguiente variación en la capacidad de almacenamiento. Las precipitaciones, la evapotranspiración, el escurrimiento superficial, el escurrimiento subterráneo y la capacidad de almacenamiento subterráneo y superficial son las variables intervinientes de dicho balance.

En épocas de lluvias cuantiosas, los ingresos superan a los egresos, generando un exceso hídrico que provoca un aumento del escurrimiento superficial, que incrementa los caudales de los cauces, los volúmenes de los sistemas lacustres y las áreas anegadas. A su vez, dicho exceso impulsa una infiltración de agua hacia los acuíferos, generando un ascenso de los niveles freáticos y una posterior recarga de los acuíferos más profundos. Por el contrario, en un estado hidrológico seco, las salidas superan a los ingresos y el déficit es alimentado por las reservas geológicas, generando una profundización de los niveles freáticos y una reducción de caudales y cuerpos lagunares (Kruse & Zimmermann).

A su vez, el régimen pluvial de la región se encuentra estrechamente sujeto a los eventos de Sudestada. Como se detalló anteriormente, el incremento del nivel del Río de la Plata ocasionado por este viento provoca un "efecto tapón" que impide el correcto drenaje de los ríos, lo que provoca un aumento de su caudal y, en muchas ocasiones, el desborde de sus aguas.

### *Agua Superficial*

La Provincia de Buenos Aires cuenta con una amplia red hidrográfica que modela y cubre gran parte de su territorio. Las principales cuencas que regulan su estructura hidrológica son la del Río Salado, Luján, Reconquista, Del Plata y Matanza Riachuelo. La primera se ubica en la zona rural de la provincia y es la cuenca más voluminosa, ya que ocupa las dos terceras partes de la superficie total de la provincia. El resto forma parte del Área Metropolitana y de la Ciudad de Buenos Aires.

El principal río de la región en estudio es el Matanza-Riachuelo –llamado "Matanza" en sus orígenes y "Riachuelo" hacia su tramo final-, que delimita la región norte del Municipio de Cañuelas separándolo de los partidos de La Matanza y Marcos Paz. Los cursos aledaños al área del proyecto son el Arroyo Cañuelas, Arroyo Castro y Arroyo Cebey, afluentes del río mencionado. En cuanto a la Cuenca del Río Salado, sin bien no forma parte del municipio, en ocasiones puede llegar a influir en el sector sur de su territorio, generando altos riesgos de inundación por la crecida de sus arroyos en épocas de grandes lluvias (Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas).

### *Cuenca Matanza-Riachuelo (CMR)*

El municipio de Cañuelas pertenece a la Cuenca alta del Río Matanza-Riachuelo. Se trata de un río de llanura con escasa pendiente que atraviesa el noreste de la Provincia de Buenos Aires y conforma una cuenca de 2047 km<sup>2</sup> de superficie (Figura A3.3 del Anexo III). Posee una longitud total de 64 km y un caudal medio anual de largo período de 8 m<sup>3</sup>/s, con una capacidad máxima de 20 m<sup>3</sup>/s. Se origina por la confluencia de múltiples arroyos y recorre la región sur del área Metropolitana de Buenos Aires atravesando zonas rurales y urbanas hasta desembocar en el Río de la Plata. Los tres afluentes más importantes son los arroyos Rodríguez, Cañuelas y Morales. El A<sup>o</sup> Rodríguez colecta las aguas de los arroyos La Paja, El Piojo y El Pantanoso; y el Cañuelas de los arroyos El Gato y Navarrete. Otros tributarios de segundo orden son los arroyos Aguirre y Chacón (Malpartida, 2003).

Dentro de la Cuenca pueden distinguirse tres áreas: Cuenca Alta, Cuenca Media y Cuenca Baja. Esta división se debe a razones geográficas, económicas, políticas, sociales y a las diversas problemáticas que atraviesan las regiones. La Cuenca Alta se caracteriza por un Paisaje predominantemente rural, con actividades primarias y agroindustrias; La Cuenca Media está representada por un paisaje mixto urbano-rural y la Cuenca Baja atraviesa un paisaje predominantemente urbano con actividades industriales y de servicios (ACUMAR, Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo, s.f.).

El balance hídrico de la cuenca resulta en excedente hídrico de 209 mm anuales, que se produce en los meses de mayo a noviembre, con un valor máximo de 39 mm en agosto (Figura A3.5 del Anexo III). Esto sucede ya que el valor de las precipitaciones medias anuales de la cuenca (1046 mm) supera las evapo-transpiraciones real y potencial, que alcanzan los 837 mm.

Conforme avanza el recorrido del río, se incrementan las modificaciones sobre su cauce, alterando el funcionamiento conjunto de la cuenca (Faggi & Breuste, 2015). En el tramo superior, el río posee entre 0,3 y 0,5 metros de profundidad y escurre de forma mayormente natural con escasas modificaciones. Su tramo inferior alcanza una profundidad de 7 metros y atraviesa la zona sur del Conurbano bonaerense de forma totalmente canalizada y rectificadas. En lo que respecta a la cuenca media, el río se encuentra menos modificado, aunque existen arroyos cortados, profundización del cauce y acumulación de tierra en los márgenes (Faggi & Breuste, 2015).

El río Matanza-Riachuelo es el más contaminado de la Argentina y tiene una larga historia de impactos ambientales negativos. La causa principal de la contaminación es el vuelco ilegal de efluentes industriales, agrícola-ganaderos y cloacales, conjuntamente con la presencia de basurales a cielo abierto a lo largo de sus riberas. Actualmente, la autoridad de la cuenca ACUMAR es la encargada de administrar los recursos y tomar las decisiones necesarias para el saneamiento de la misma.

La CMR se divide en 14 subcuencas, tres de las cuales pertenecen al municipio de Cañuelas (Figura A3.6 del Anexo III). La más influyente en lo que respecta al proyecto es la subcuenca del Arroyo Cañuelas.

### *Arroyo Cañuelas*

El Aº Cañuelas se origina al sudoeste de la ciudad homónima y recorre unos 30 kilómetros hasta desembocar en el Río Matanza. A unos 7 km previos a su desembocadura confluye con el Arroyo Navarrete, el cual colecta las aguas de diversos tributarios (Arroyos Medina, Alegre y Del Gato). A lo largo de su recorrido atraviesa zonas rurales y suburbanas con asentamientos informales.

Este arroyo recibe contaminantes de diversas fuentes tanto agrícolas, como industriales y domésticas. En su cuenca se registra una tendencia de crecimiento poblacional la cual podría estar asociada a un mayor deterioro en la calidad del agua y una alteración en el ecosistema fluvial. A pesar del grado de contaminación, este arroyo presenta ambientes naturales que deben ser protegidos (ACUMAR, Informe Trimestral. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados. , 2021)

El Aº Cañuelas rodea el terreno de la fábrica por el sur y el oeste, a una distancia de 2 km la redonda (Figura A3.7 del Anexo III). A su vez, es el que recibe la descarga del desagüe pluvial más cercano al terreno de la fábrica. La calidad del agua del arroyo está continuamente monitoreada por las estaciones de monitoreo de ACUMAR presentes a lo largo de toda la sub-cuenca.

### *Agua Subterránea*

El área de estudio pertenece a la Subregión Hidrogeológica I o Subregión Río Paraná. Se extiende desde el sur de la Cuenca del Río Salado hasta el meridiano 33°30' o los bajos submeridionales, al Este hasta el Río Paraná y al Oeste hasta aproximadamente el paralelo 62°30' (Santa Cruz & Silva Busso, s.f).

El acuífero principal de la región es el Acuífero Puelches, alojado en la Formación Puelches. Es el más profundo y de carácter semiconfinado. Su importancia radica en su gran cantidad de reservas y la buena calidad de sus aguas, por lo que su explotación actual abarca diversidad de usos (agua potable para consumo, riego y uso industrial). Posee un rendimiento entre 20 y 150 m<sup>3</sup> /h (IPU). Este acuífero es propenso a ser contaminado mediante las recargas aguas de mala calidad provenientes de los acuíferos precedentes o por las filtraciones causadas por aislaciones deficientes de las perforaciones de captación.

Suprayacentes al anterior y alojados en los sedimentos Pampeanos y Post-Pampeanos se ubican una serie de acuíferos dulces de poco espesor, denominados Epipuelches. Su fracción superior alcanza la superficie y se comporta como acuífero libre o freático, con baja productividad (caudales inferiores a 1 m<sup>3</sup> /h). A mayor profundidad, aparecen niveles de acuíferos semiconfinados y de productividad moderada, con caudales entre 60 y 120 m<sup>3</sup>/h y una salinidad de 0,5 a 2 g/l (Génova, 2011). El acuífero freático es el más expuesto a la contaminación, tanto por sus condiciones físicas -alta permeabilidad y porosidad- como por su gran exposición a infiltraciones de contaminantes, percolaciones de pozos ciegos o pérdidas de ductos pluviales o cloacales. Es por ello que no es apto para consumo humano. Con respecto a estos acuíferos semiconfinados, son comúnmente utilizados para agua de riego.

Por debajo del Acuífero Puelche se alojan los acuicludos pertenecientes a la Formación Paraná, que a mayor profundidad contiene arenas con agua salobre que conforman los niveles acuíferos Hipopuelches de alta salinidad.

El conjunto Puelches-Epipuelches es denominado Acuífero múltiple o multiunitario dado el comportamiento de las curvas isofreáticas, isopiécicas y la cantidad de acuíferos (Santa Cruz, s.f). Según la dinámica hidrológica explicada en párrafos anteriores, el Acuífero Puelches es recargado indirectamente de las precipitaciones a través del subacuífero Epipuelches.

### **12.6.1.6 Amenazas del territorio**

Las principales amenazas que existen en la zona de estudio se relacionan principalmente con fenómenos hidrometeorológicos y con procesos referidos a la degradación ambiental y contaminación (Dall' Armellina & Fernández Bussy, 2010).

#### *Riesgo de Inundación*

La cuenta Matanza-Riachuelo es muy vulnerable a las inundaciones causadas por exceso de lluvias, ya que contiene extensas superficies por debajo de la cota de inundación. El barrio de Máximo Paz (ubicado a 2 kilómetros de la fábrica) y sus zonas aledañas fueron catalogados como zonas inundables en el mapa de riesgo social de Urbanizaciones Emergentes elaborado por la Dirección de Ordenamiento Territorial (ACUMAR, 2017)..

#### *Focos de contaminación*

Se han detectado, a lo largo de los arroyos Cañuelas y Navarrete, gran cantidad de eventos de contaminación hídrica por volcados clandestinos a la red pluvial, efluentes industriales, lixiviados de basurales. También se evidenciaron focos de contaminación edáfica por mineralización, impermeabilización y tratamiento de residuos. Esto se evidencia mediante mediciones realizadas por ACUMAR, tanto puntuales como automáticas en las estaciones de monitoreo.

#### *Pasivos ambientales*

Los pasivos ambientales son definidos por la Dirección de Ordenamiento Territorial (DOT) de la ACUMAR como “aquellos sitios en los que se desarrollaron actividades, ya sea de carácter público o privado, que han provocado deterioro en los recursos naturales y de los ecosistemas, representando un riesgo permanente y/o potencial para la salud y la integridad física de la población y han sido abandonados por los responsables ante la Ley, convirtiéndose en una deuda ambiental”. Se detectaron dos pasivos ambientales ubicados a 2 kilómetros del terreno del proyecto. Uno corresponde a una cava, y el otro a una antigua industria que se dedicaba a procesar grasa animal (Figura A3.8 del Anexo III).

### 12.6.1.7 Informe Trimestral Enero-Marzo 2021 - ACUMAR

#### Calidad de las Aguas Superficiales

A continuación, se presenta el análisis de la calidad de las aguas superficiales, realizado a partir de la Campaña de Monitoreo Simultáneo de Calidad y Caudal (CMSCC), llevada a cabo por ACUMAR durante enero a marzo de 2021.

En primer lugar, se presentan los resultados obtenidos a partir del muestreo de las estaciones de monitoreo situadas sobre el A° Cañuelas, por ser el más próximo al sitio del proyecto. A su vez, se adjuntan las tablas completas con los resultados de toda la campaña en el Anexo III.

Paralelamente, se incluyen y analizan los resultados obtenidos de la Estación de Monitoreo Continuo de Máximo Paz (ArroCanuEMC-56), a partir de los cuales puede visualizarse el seguimiento anual de los valores físico-químicos obtenidos.

En la Tabla XXXV a continuación, se enlistan las estaciones de monitoreo a partir de las cuales se tomaron muestras en la CMSCC. Estas mismas, pueden visualizarse en la Figura 51, en donde se las localiza geográficamente, referenciando las ubicaciones de la Ciudad de Cañuelas y de la industria.

Tabla XXXV. Resultados de análisis físico-químicos realizados en las estaciones de monitoreo de ACUMAR sobre el arroyo cañuelas, entre enero y marzo del 2021. Recorte de la tabla obtenida de (ACUMAR, Informe Trimestral. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados. , 2021)

Estación de Monitoreo	N°	Subcuenca	INA CEC 9 AFOROS 2020-2021	INA 2021-CAMP1_feb21	Fecha-Hora (inicio)	Temperatura de Agua (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Oxígeno Disuelto (% Sat)	pH (UpH)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Turbidez (UNT)	Potencial Redox (mV)
ArroCanuPel- 53	53	Cañuelas-Navarrete		X	24/02/2021 09:30	23,30	0,6	6,6	7,19	5539	45,9	-105,5
ArroCanuRuta6- 54	54	Cañuelas-Navarrete		X	24/02/2021 10:40	25,20	3,4	42,7	7,28	2470	23,2	-71,7
ArroCanu1- 32	32	Cañuelas-Navarrete		X	24/02/2021 12:00	25,60	4,6	57,5	7,26	979	42,3	-271,7
ArroCanuHipico- 62	62	Cañuelas-Navarrete		X	24/02/2021 13:20	27,00	3,5	41,4	7,25	678	86,3	-30,8
ArroCanuEMC- 56	56	Cañuelas-Navarrete	X	X	24/02/2021 10:40	22,88	1,9	20,0	6,58	558	130,0	-33,6
ArroCanu2- 33	33	Cañuelas-Navarrete	X	X	24/02/2021 09:00	22,72	2,1	23,0	6,36	271	65,0	-76,5
ArroCanu- 3	3	Cañuelas-Navarrete	X	X	24/02/2021 12:30	24,72	1,7	20,2	6,43	419	93,2	-20,9

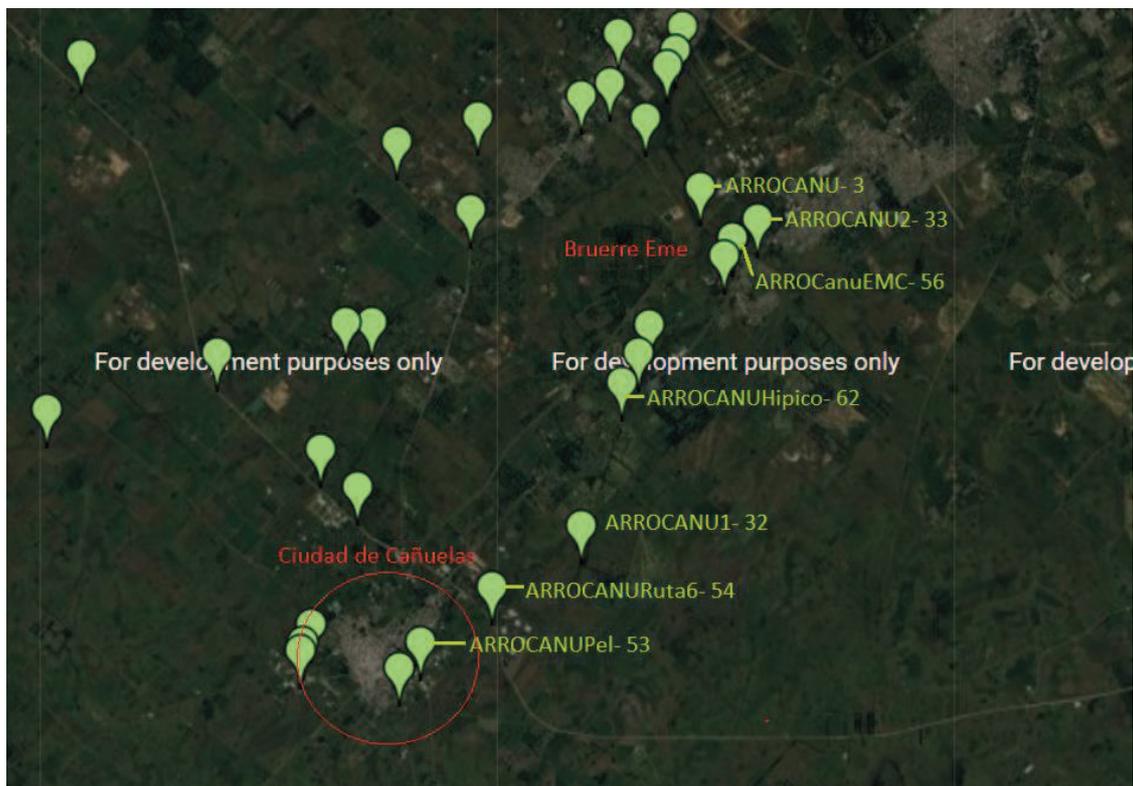


Figura 51. Estaciones de monitoreo de agua superficial de ACUMAR

Con el propósito de no sesgar el análisis realizado por ACUMAR, en la Tabla A3.1 del Anexo III se adjunta la tabla completa de sitios muestreados, correspondientes a las subcuencas Rodríguez, Cebey, Chacón, Morales, Río Matanza, Don Mario, Ortega, Santa Calatina, Del Rey y Riachuelo.

Sin embargo, en la presente línea de base se analizarán los sitios muestreados sobre el arroyo Cañuelas, más próximo al proyecto.

Como es posible observar, la estación ARROCANUPel-53 y, en menor medida, la ARROCANURuta6-54, son las más próximas al aglomeramiento urbano de la Ciudad de Cañuelas; la ARROCANU1-32 se encuentra a la altura de un pequeño pueblo; ARROCANUHipico-62 es la más alejada de centros urbanos; y, finalmente, ARROCANU-3, ARROCanuEMC-56 y ARROCANU2-33 son las más próximas al proyecto y atraviesan la localidad urbana de Máximo Paz (Figura 53).

A continuación, se muestran más en detalle las estaciones de aguas superficiales de ACUMAR más cercanas al área del proyecto (Figura 53). Entre ellas, durante la CMSCC se tomaron muestras de la ARROCANU-3, la ARROCanuEMC-56 y la ARROCANU2-33



Figura 53. Estaciones de muestreo de aguas superficiales de ACUMAR más próximas al proyecto.

Al evaluar los resultados, se observa que la estación que se encuentra dentro de la localidad de Cañuelas es la que presenta el valor más bajo de Oxígeno Disuelto (OD), menor a 2 mg/l (valor mínimo que requiere el Uso IV “recreación humana de tipo pasivo”, asignado por normativa por ACUMAR); las estaciones cercanas al proyecto, que atraviesan la localidad de Máximo Paz, poseen valores de OD en el límite recomendado; mientras que en el resto de las estaciones, se detectaron concentraciones de OD mayores a 3,4 mg/l, siendo en ARROCANU1-32 donde se detectó la máxima.

En cuanto al pH, no se observaron incumplimientos de Uso IV, ya que todos los valores se ubican dentro de las 6 a 9 upH.

Tampoco se observan incumplimiento al respecto a las temperaturas (todas menores a 35°C) aunque se destaca que resultaron cálidas, según es esperable a la temporada de verano en la CHMR, con un mínimo de 20,9 °C y un máximo de 30,1 °C.

Se registraron valores muy importantes de conductividad eléctrica en algunos sitios, como Aguas arriba de la Depuradora Sudoeste de AySA (EM 73) con 6611  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en el arroyo Cañuelas Navarrete.

Por otro lado, cabe mencionar que, durante la campaña del 24 de febrero del 2021, en los cursos pertenecientes a la subcuenca del arroyo Cañuelas- Navarrete, (para el arroyo La Montañeta, y el arroyo Cañuelas, en varios puntos del trayecto hasta su confluencia con el Navarrete), han observado una gran carga contaminante en el curso de agua, con una coloración marrón intensa. Esta condición se vio acentuada a la altura de la EM ArroCanuHípico- 62 (ACUMAR, Informe Trimestral. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados. , 2021).

### *Análisis USHI*

Otro de las evaluaciones realizadas a partir de la CMSCC fue el Análisis USHI (Urban Stream Habitat Index - Índice de Calidad de Hábitat de Arroyos Urbanos). Se trata de una herramienta que utiliza parámetros relacionados con el hábitat fluvial de los arroyos, permitiendo evaluar la calidad del hábitat en arroyos de llanura urbanizados (ACUMAR, Informe Trimestral. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados. , 2021).

El objetivo de la utilización del USHI es contar con una herramienta de monitoreo que permita evaluar la condición ecológica de cauces, márgenes, riberas y geomorfología de los cursos de agua de la CMR, facilitando el manejo y gestión de estos ecosistemas (ACUMAR, Informe Trimestral. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados. , 2021).

En la Tabla XXXVI se puede ver un recorte de los resultados del USHI de la CMSCC 2021 y su correlato con las dos campañas anteriores de noviembre y agosto de 2020. Las Estaciones de Muestreo que no fueron evaluadas figuran en la Tabla como SD (Sin Datos), las estaciones en que el USHI no se pudo aplicar por las características propias del sitio figuran como N/A (No Aplica) y los sitios que no fueron relevados figuran en blanco. En la Tabla A3.2 el Anexo III puede observarse la tabla completa, a partir de la cual, en líneas generales, se observan valores elevados del índice en la cuenca alta, un gradiente mixto de valores en la

cuenca media (de elevados a intermedios y bajos) y valores fundamentalmente bajos en la cuenca baja del Matanza-Riachuelo.

El valor del índice varía entre 0 (peor calidad de hábitat) y 10 (mejor calidad de hábitat). Dentro de ese rango se establecen cinco categorías, que indican los diferentes grados de calidad del hábitat, utilizando diferentes colores para una rápida identificación visual (Tabla A3.2 en anexo III).

Tabla XXXVI. Resultados USHI de las estaciones de muestreo más cercanas al proyecto

		RESULTADOS USHI		
Cuenca	Estación de Muestreo	Campaña		
		agosto 2020	noviembre 2020	febrero-marzo 2021
ALTA	ArroCanuPel- 53			3,8
	ArroCanuRuta6- 54			8,5
	ArroCanu1- 32	S/D	7,0	7,4
	ArroCanuHipico- 62			3,8
	ArroCanuEMC- 56			6,0
	ArroCanu2- 33	S/D	5,6	8,0
	ArroCanu- 3	S/D	3,0	6,5

El cotejo de los valores de calidad del hábitat entre campañas tiene en general un buen ajuste, con mejoras en las condiciones de los sitios ArroCanu2-33, ArroCanu-3 (ACUMAR, Informe Trimestral. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados. , 2021). Sin embargo, en las estaciones ArroCanuHipico-62 y ArroCanupel-53 se calificaron con una calidad Mala.

Es necesario tener en cuenta que hasta la fecha los muestreos para calcular el USHI se realizaron en invierno (agosto de 2020, 15 sitios), primavera (noviembre de 2020, 25 sitios) y verano (febrero-marzo de 2021, 53 sitios). De este modo, resta realizar una campaña de otoño para concluir con un ciclo estacional anual que continúe dando cuenta de la evolución y complejidad de los sistemas muestreados (ACUMAR, Informe Trimestral.

Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados. , 2021).

*Estación de Monitoreo Continuo (EMC) (ArroCanuEMC-56)*

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) sigue registrando el comportamiento histórico que, con el incremento de temperatura y el incremento de radiación solar, produce un aumento en su concentración en el agua, que desciende rápidamente en horas de la tarde cuando la radiación solar disminuye, por efecto de la fotosíntesis de las algas (Figura 54). Por este motivo, los valores de oxígeno disuelto son altos, con un promedio para el trimestre de 3,47 mg O<sub>2</sub>/l (ACUMAR, Informe Trimestral. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados. , 2021).

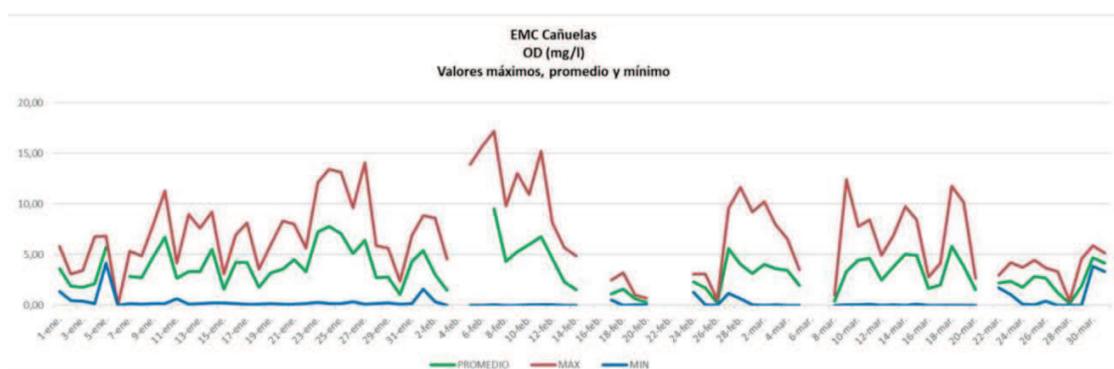


Figura 54. Valores máximos, medios y mínimos diarios en la concentración de Oxígeno Disuelto (OD) en mg/litro en la estación Cañuelas, desde enero a marzo del 2021. Obtenida del Informe Trimestral enero-marzo 2021 ACUMAR

Conductividad

La conductividad promedio del trimestre fue de 2265 mS/cm, un poco más elevada que la del trimestre anterior (2.082 mS/cm), valores que son más elevados que el promedio histórico que es de 1838 mS/cm. Debido a las precipitaciones, se observó una disminución de la conductividad en febrero, reduciéndose de 1823 mS/cm el 21 de febrero a 790 mS/cm el día 23 de febrero; y el día 24 de marzo de 1409 mS/cm a 988 mS/cm el día 27 de marzo (Figura 55) (ACUMAR, Informe Trimestral. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados. , 2021).

Durante este trimestre, los valores de conductividad fueron tan elevados que se registró el valor máximo y también se registró el valor promedio más alto, en comparación con los valores históricos. Al respecto, el 18 de marzo el valor máximo fue de 7.400 mS/cm y el promedio diario de 4003 mS/cm, habiendo sido el promedio del trimestre de 2265 mS/cm cuando el promedio histórico es de 1838 mS/cm (ACUMAR, Informe Trimestral. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados. , 2021).

Es habitual que cuando se registran anomalías de este tipo, se comunica al área de Fiscalización para que proceda a detectar el origen de la anomalía registrada.

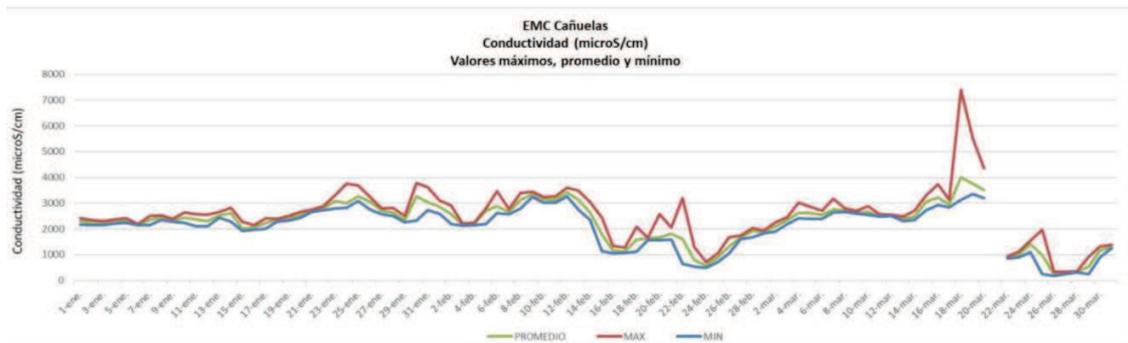


Figura 55. Valores máximos, medios y mínimos diarios en la Conductividad en micro siemens/centímetro. Obtenida del Informe Trimestral enero-marzo 2021 ACUMAR.

## pH

Durante este trimestre se siguieron registrando valores elevados de pH, habiéndose registrado un máximo de 9,09 unidades de pH y el promedio del trimestre fue de 8,13 unidades de pH cuando el promedio histórico es de 7,78 unidades de pH.

A raíz de las precipitaciones ocurridas, pueden observarse claramente disminuciones abruptas de pH, los días 4, 5, 29 y 30 de enero, 16 y 23 febrero y 24 y 27 de marzo (Figura 56).

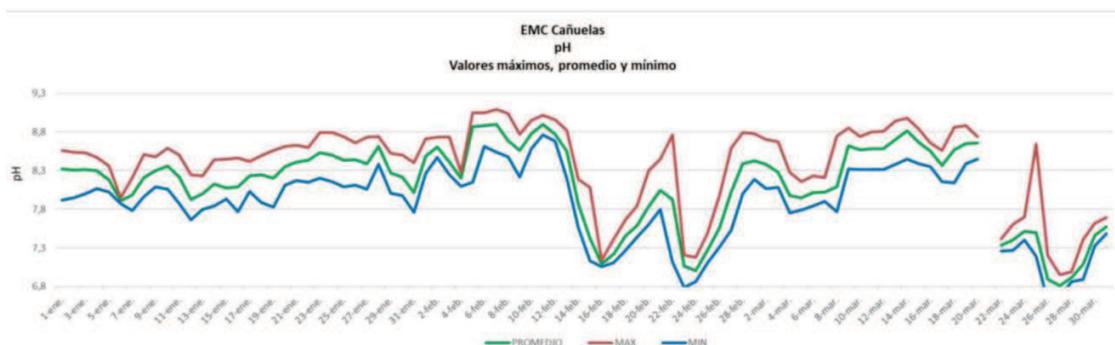


Figura 56. Valores máximos, medios y mínimos diarios en el pH del agua en unidades de pH en la estación Cañuelas.

### Temperatura

Finalmente, se expone en la Figura 57 la evolución de la temperatura durante el 2021.

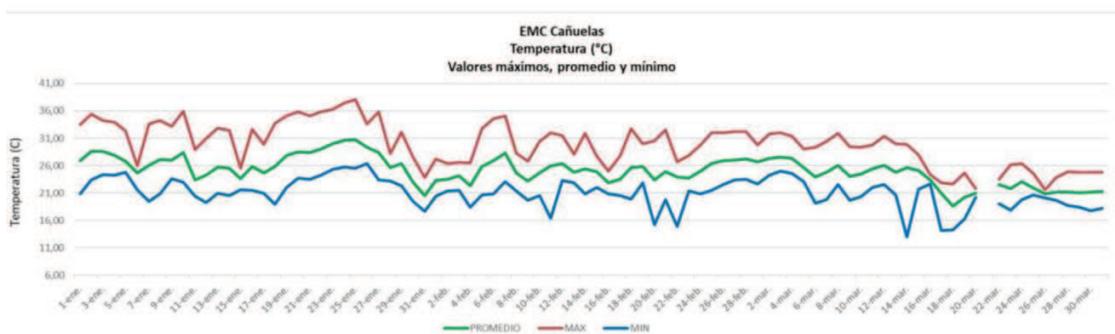


Figura 57. Valores máximos, medios y mínimos de la temperatura del agua en grados centígrados en la estación Cañuelas.

En la Tabla A3.1 del Anexo III se adjuntan los registros tomados durante los meses de enero febrero y marzo del 2021.

### Índice de la Calidad del Agua Superficial (ICA-sup)

Se trata de una evaluación multidimensional del estado y evolución acerca de la calidad de las aguas superficiales de la Cuenca Hídrica Matanza Riachuelo (CHMR). Permite vincular la calidad del agua superficial con la ocupación efectiva o real predominante del territorio y actividades antrópicas identificables que se desarrollen en el mismo,

independientemente de los valores establecidos en normativa para diferentes objetivos de uso (ACUMAR, Índice de Calidad de Agua Superficial (ICA-Sup), 2020).

El ICA mide el estado de 12 parámetros que son integrados y ponderados para evaluar la calidad del agua superficial, a saber:

- Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto – OD (% sat).
- Demanda biológica de oxígeno – DBO5 (mg/l).
- Demanda química de oxígeno – DQO (mg/l).
- Fósforo total – P (mg/l).
- Nitrógeno amoniacal (mg/l).
- Sólidos suspendidos totales – SST (mg/l).
- Conductividad eléctrica – CE ( $\mu$ S/cm).
- Escherichia coli.
- pH (UpH).
- Cromo total – Cr (mg/l).
- Plomo total – Pb (mg/l).
- Hidrocarburos totales – HCT (mg/l).

La evaluación se realiza a partir de los resultados obtenidos en las campañas de monitoreo en distintas estaciones de monitoreo puntual. Luego, se incorporan a una expresión matemática para obtener un índice adimensional y graduado en cinco categorías de entre 0 y 100 (Figura A3.1 de Anexo III); considerando a la última categoría como “protección de biota”, lo cual indica una naturaleza sin intervención humana (ACUMAR, Índice de Calidad de Agua Superficial (ICA-Sup), 2020)

### Análisis de Datos

Las últimas campañas realizadas a favor del cálculo del ICA fueron en marzo y septiembre del 2018. En líneas generales, las estaciones de las cuentas Alta y Media presentaron valores promedios de categoría Mala de calidad del agua, aunque exhibiendo mejoras respecto de los años anteriores. En el tramo inferior, los valores promedio obtenidos son de Muy Mala calidad, correspondiéndose con los años anteriores (Figura A3.2 de Anexo III) (ACUMAR, Índice de Calidad de Agua Superficial (ICA-Sup), 2020).

A continuación, se da a conocer un recorte de la tabla de Resultados del ICA-sup por campaña y punto de muestreo (Ver tabla completa en Tabla A3.6 del Anexo III)

Estación Monitoreo		Campaña / Valor ICA							
ID	Nombre EM	abr-15	dic-15	abr-16	nov-16	mar-17	sep-17	mar-18	sep-18
32	ArroCanu2	18	23	37	35	42	SD	52	41
33	ArroCanu3	29	39	29	41	73	61	24	40
3	ArroCanu	16	32	30	25	75	51	29	46

Rango Índice (Q)	Clasificación
96-100	Muy Buena
76-95	Buena
51-75	Media
26-50	Mala
0-25	Muy Mala

Si bien es posible observar un aumento del ICA a lo largo de los años, el promedio del ICA en los diferentes puntos de muestreo del Arroyo Cañuelas es de calidad Mala.

### *Calidad de las Aguas Subterráneas*

Para el análisis de la calidad del agua subterránea se consultaron fuentes de datos secundarias, publicados por la autoridad de cuenca Matanza – Riachuelo (ACUMAR). Los datos más recientes son los expuestos en la Base de Datos Hidrológicos (BdH) del año 2018; ya que los obtenidos a partir de la CMSCC, en el Informe Trimestral enero-marzo 2021, aún no se encuentran disponibles en la página web.

### *Acuífero Superficial o Freático (Pampeano - Postpampeano)*

A continuación, se localizan geográficamente en la Figura 59 los pozos de muestreo de aguas subterráneas del acuífero freático más cercanos al proyecto (ACUMAR-023P, latitud -34,930569 y longitud -58,646531; ACUMAR-039F, latitud -34,931722 y longitud -58,620361)



Figura 59. Pozos de muestreo de aguas subterráneas de ACUMAR más cercanas al proyecto.

En la Tabla XXXVII a continuación se presentan los resultados de los análisis de las muestras realizados en marzo del 2016, agosto 2018 y febrero 2018, junto con los límites máximos establecidos en el capítulo XII del Código Alimentario Argentino (CAA):

Tabla XXXVII. Valores medidos en los parámetros físico-químicos del acuífero freático los pozos ACUMAR-039F y ACUMAR-023F en marzo 2016, febrero 2018 y agosto 2018; comparados con los valores máximos establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA)

Parámetro	CAA	Pozo ACUMAR-039F			Pozo ACUMAR-023F		
		ago-18	feb-18	mar-16	ago-18	feb-18	mar-16
Conductividad Eléctrica (CE) [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]		1496	1337	2054	1290	1165	990
Ph [upH]	6,5 - 8,5	7,59	7,62	7,6	7,34	6,96	7,9
Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ]		19,12	22,8	19,26	18,33	18,6	18,43
Durez Total [mg/l como $\text{CaCO}_3$ ]	<400	109	111	81	150	117	209
Potencial Redox [mV]		-29,8	-42	-112,5	4,6	12,1	27,4
Alcalinidad [mg/l como $\text{CaCO}_3$ ]		548	534	855	552	505	475
Potasio (K+) [mg/l]		10	11	10	11	9,1	7,7
Sodio (Na ++)[mg/l]		273	289	520	210	194	170
Calcio (Ca ++)[mg/l]		24,9	23,9	10,8	47,2	28,6	47,3
Magnesio (Mg++) [mg/l]		11,4	12,5	13,2	7,8	11,1	22,1
Cloruro (Cl -) [mg/l]	<350	79,7	81,7	95,8	20,3	16,8	16
Sulfato ( $\text{SO}_4 =$ )[mg/l]	<400	85	90	173	30	615	26
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) [mg/l]		668	651	1042	673	9,75	579
Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )[mg/l]	<45		1,68	16,8	8,4	0,066	19,9
Fluoruro (F-) [mg/l]	<1	0,8	0,87	1,8	1,1	1,3	1,5
Arsénico (As) [mg/l]	<0,01	0,0268	0,031	0,102	0,0536	0,0574	0,0554
Oxígeno Disuelto (OD) [mg/l]		<0,1	<0,1	0,5	3,92	0,7	2,07
N- $\text{NO}_3$ [mg/l]		<0,3	0,38	3,8	1,9	2,2	4,5
N- $\text{NO}_2$ [mg/l]		<0,012	<0,012	<0,012	0,004	20	0,004
Nitrógeno total Kjeldahl [mg/l]		<0,31	<0,31	<0,31	<0,31	<0,31	<0,31
Sólidos disueltos [mg/l]	<1500	816	782	1284	738	631	687
Nitrógeno total [mg/l]			0,4	3,8	1,9	2,2	4,5
Nitrógeno de amoníaco (N- $\text{NH}_3$ ) [mg/l]	<0,2	<0,03	0,15	0,12	0,09	0,21	0,03
Fósforo ortofosfato (P- $\text{PO}_4$ )		0,11	0,1	-	0,1	0,12	0,077

A partir de los valores expuestos, puede observarse que las aguas poseen una concentración de arsénico algo superior al límite máximo establecido en el CAA. Sin embargo, el resto de los parámetros, en líneas generales, han reportado resultados adecuados.

Para ampliar la información, en la Tabla A3.7 del Anexo III se exponen las evoluciones de la concentración de nitratos del acuífero Freático en el total de pozos de la CMR.

Cabe aclarar que, para terminar de analizar la calidad del agua del acuífero para consumo humano habría que contar un análisis bacteriológico, que lamentablemente no se encuentra subido a la BdH.

*Acuífero Puelche*

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de las muestras realizados desde los pozos de muestreo de aguas subterráneas del acuífero Puelche (Tabla XXXVIII), con ubicación muy similar a los anteriores (ACUMAR-023P, latitud -34.930569y longitud -58.646531; ACUMAR-039P, latitud -34.931700 y longitud -58.620401).

Tabla XXXVIII. Parámetros Físico-Químicos de muestras del acuífero Puelche tomadas de los pozos ACUMAR-039P y ACUMAR-023P en marzo 2016, febrero 2018 y agosto 2018; comparados con los valores máximos establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA)

Parámetro	CAA	Pozo ACUMAR-039P			Pozo ACUMAR-023P		
		ago-18	feb-18	mar-16	ago-18	feb-18	mar-16
Conductividad Eléctrica (CE) [μS/cm]		1498	1337	1286	1144	1143	948
Ph [upH]	6,5 - 8,5	7,59	7,62	7,48	7,35	7,05	7,81
Temperatura [C°]		19,12	22,8	20,96	19,03	19	19,22
Durez Total [mg/l como CaCO3]	<400	109	111	132	130	77	176
Potencial Redox [mV]		-29,8	-42	-196,7	94,3	23,5	54
Alcalinidad [mg/l como CaCO3]		548	534	546	487	451	427
Potasio (K+) [mg/l]		10	11	11	9,3	8	9,4
Sodio (Na ++)[mg/l]		273	289	293	179	196	194
Calcio (Ca ++)[mg/l]		24,9	23,9	26,5	31,8	17,3	39
Magnesio (Mg++) [mg/l]		11,4	12,5	16	12,3	8,2	19,1
Cloruro (Cl -) [mg/l]	<350	79,7	81,7	84,9	13,9	20,8	19,5
Sulfato (SO4 =)[mg/l]	<400	85	90	70	21	19	19
Bicarbonato (HCO3-) [mg/l]		668	651	666	594	550	520
Nitrato (NO3-)[mg/l]	<45	-	1,68	-	41,1	66,5	48,7
Fluoruro (F-) [mg/l]	<1	0,8	0,87	0,98	1,1	1,2	1,3
Arsénico (As) [mg/l]	<0,01	0,0268	0,031	0,0258	0,0432	0,0371	0,0479
Oxígeno Disuelto (OD) [mg/l]		0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	3,76
N-NO3 [mg/l]		0,3	0,38	0,09	9,3	15	11
N-NO2 [mg/l]		< 0,012	0,012	0,004	0,0004	0,012	0,004
Nitrógeno total Kjeldahl [mg/l]		< 0,31	0,31	0,31	1	0,31	0,31
Sólidos disueltos [mg/l]	<1500	816	782	54	705	589	665
Nitrógeno total [mg/l]		0,03	0,4	-	9,3	15	11
Nitrógeno de amoníaco (N-NH3) [mg/l]	<0,2	0,11	0,15	0,03	0,09	0,18	0,03
Fósforo ortofosfato (P-PO4)			0,1	0,11	0,16	0,15	0,15
Hierro (Fe)				0,64			0,22
Sílice total				59,2			
Aluminio (Al)	0,2			0,75			
Cadmio (Cd)	0,005			<0,003			< 0,003

Plomo (Pb)	0,05			<0,007			<0,007
Cromo (Cr)	0,05			0,05			<0,017
Cobre (Cu)	1			<0,01			<0,01
Manganeso (Mn)	0,1			0,2			<0,03
Mercurio (Hg)	0,001			<0,0003			<0,0003
Cinc (Zn)	5			0,02			<0,007
Turbidez [NTU]	3			4,6			2,4

De igual manera que en el acuífero freático, a partir de los valores expuestos puede observarse que las aguas poseen una concentración de arsénico algo superior al límite máximo establecido en el CAA.

Con respecto al contenido de nitratos y fluoruros, en algunas mediciones se encontraron elevados, pudiendo deberse a filtraciones desde pozos absorbentes (ya que la localidad de Máximo Paz carece de red cloacal).

Para ampliar la información, en la Tabla A3.7 del Anexo III se exponen las evoluciones de la concentración de nitratos del acuífero Puelche en el total de pozos de la CMR.

Cabe aclarar que, para terminar de analizar la calidad del agua del acuífero para consumo humano habría que contar un análisis bacteriológico, que lamentablemente no se encuentra subido a la BdH.

### Atmósfera

Para evidenciar la calidad del aire del área, se consultó el Informe Trimestral Integrado ACUMAR-APrA diciembre 2020 - febrero 2021, en el cual se analizaron los datos obtenidos de múltiples estaciones de Monitoreo Continuas (EMC). Entre ellas, la EMC II, instalada en el predio perteneciente a la empresa Aerofarma Laboratorios Saci (°52'59.43"S y 58°40'57.15"O), ubicada a 6,7 km del proyecto.

En la EMC II se miden en forma continua y automática los siguientes parámetros, a través de los siguientes métodos de medición:

- Monóxido de carbono (CO) – Fotometría de Infrarrojo no Dispersivo.
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) - Fluorescencia UV.

- Sulfuro de hidrógeno (SH<sub>2</sub>), - Convertidor de H<sub>2</sub>S mediante determinación de SO<sub>2</sub>.
- Óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) - Quimioluminiscencia de Fase Gaseosa.
- Material particulado inferior a 10 µm (PM<sub>10</sub>) e inferior a 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>) - Gravimetría no Destructiva - Atenuación de radiación Beta.

Respecto al cumplimiento de la Resolución N° 02/07 de ACUMAR (Tabla A3.8 del Anexo III), donde se fijan los estándares ambientales para dichos parámetros, en la EMC II no se han registrado excedencias para parámetros mencionados durante el período de diciembre- febrero 2021 (Figura 60).

**A** Valores de concentración de medias trimestrales, máximos horarios y estándares para 1 y 8 horas de CO medido en las Estaciones de Monitoreo Continuo ubicadas en Dock Sud (EMC I), La Matanza (EMC II) y la Boca (período diciembre - febrero 2021).

		EMC I (mg/m <sup>3</sup> )	EMC II (mg/m <sup>3</sup> )	La Boca* (mg/m <sup>3</sup> )	CIFA** (mg/m <sup>3</sup> )	Estándar (mg/m <sup>3</sup> )
Media Trimestral 1 h		0,03	0,23	0,63	-	-
Máximo valor media 1 h	Diciembre	0,89	1,50	2,29	-	40
	Enero	0,73	1,13	-	-	
	Febrero	0,58	2,02	-	-	
Media Trimestral 8 h		0,03	0,23	0,63	-	-
Máximo valor media 8 h	Diciembre	0,58	0,93	1,39	-	10
	Enero	0,32	0,87	-	-	
	Febrero	0,36	1,58	-	-	

(\*) sin datos por desperfectos presentados en el equipo.  
(\*\*) sin datos por proceso de relocalización.

**B** Valores de concentración media trimestral, máximos horarios y valor estándar para 1 hora de NO<sub>2</sub> medido en las Estaciones de Monitoreo Continuo EMC I en Dock Sud, EMC II en La Matanza y La Boca (período diciembre - febrero 2021).

		EMC I (µg/m <sup>3</sup> )	EMC II (µg/m <sup>3</sup> )	La Boca (µg/m <sup>3</sup> )	CIFA** (µg/m <sup>3</sup> )	Estándar (µg/m <sup>3</sup> )
Media Trimestral 1 h		15,97	20,08	37,40	-	-
Máximo valor 1 h	Diciembre	65,00	72,17	151,00	-	376
	Enero	67,00	60,72	87,00	-	
	Febrero	84,00	73,56	73,00	-	

(\*) sin datos por desperfectos presentados en el equipo.  
(\*\*) sin datos por proceso de relocalización.

**C** Valores de concentración medias trimestrales, máximos horarios y valores estándar para 3 y 24 horas de SO<sub>2</sub> medido en las Estaciones de Monitoreo Continuo (EMC I y EMC II) ubicadas en Dock Sud y La Matanza (período diciembre - febrero 2021).

		EMC I* (µg/m <sup>3</sup> )	EMC II (µg/m <sup>3</sup> )	Estándar (µg/m <sup>3</sup> )
Media Trimestral 3 h		0,49	0,97	-
Máximo valor media 3 h	Diciembre	31,33	3,32	1309
	Enero	24,00	16,68	
	Febrero	-	15,36	
Media Trimestral 24 h		0,49	0,95	-
Máximo valor media 24 h	Diciembre	5,25	1,60	367
	Enero	6,54	11,78	
	Febrero	-	9,73	

(\*) no se llega al 75% de los datos mensuales.

**D** Valores de concentración media trimestral, máximos diarios y valor estándar para 24 horas de PM<sub>10</sub> medidos en las Estaciones de Monitoreo Continuo (EMC I y EMC II) ubicadas en Dock Sud y La Matanza (período diciembre - febrero 2021).

		EMC I* (µg/m <sup>3</sup> )	EMC II* (µg/m <sup>3</sup> )	La Boca* (µg/m <sup>3</sup> )	Estándar (µg/m <sup>3</sup> )
Media Trimestral 24 h		15,57	56,25	19,36	-
Máximo valor media 24 h	Diciembre	29,22	111,83	31,42	150
	Enero	31,92	-	31,13	
	Febrero	-	118,96	-	

(\*) no se llega al 75% de los datos mensuales.

Figura 60. Valores de concentración medias trimestrales, máximos horarios y estándares para 1 y 8 horas de CO (a), NO<sub>2</sub> (b), SO<sub>2</sub> (c) y PM<sub>10</sub> (d)

### **12.6.1 Línea de Base Biológica**

La línea de base biológica alude a la caracterización del medio biótico del sitio: la flora y la fauna de la CMR.

La Cuenca Matanza Riachuelo se encuentra ubicada en la ecorregión pampeana, caracterizada por el bioma de pastizal, el cual ofrece fisonomías y estructuras de la vegetación muy variadas, tanto vertical como horizontal, y que cuentan además con diferentes niveles de productividad forrajera. Presentan una gran biodiversidad y riqueza de pastos, mamíferos, aves y anfibios (Bilenca, y otros, 2018).

Sin embargo, en estas las últimas décadas, la práctica extensiva de la actividad agropecuaria trajo aparejada profundas transformaciones y manejos de la tierra, reemplazando los ecosistemas naturales por agroecosistemas, compuestos de cultivos, campos de pastoreo, alambrados, aguadas, huertas y montecitos en torno a las viviendas, galpones y demás construcciones. Esto introdujo cambios en el comportamiento de los individuos, en la dinámica de sus poblaciones y en la composición y estructura de las comunidades, así como en los flujos de materia y energía a través del sistema (Bilenca, y otros, 2018).

Según los estudios realizados por Quaini (2011), la cuenca alta, zona rural por excelencia, posee la mayor proporción de cobertura vegetal de la CMR. Sin embargo, la mayor parte corresponde especies exóticas, pertenecientes a cultivos. Por ello, se concluyó que el sitio sufre y sufrió un elevado impacto al ambiente natural, dado por distintos procesos de transformación.

Los sectores menos intervenidos por el hombre representan aproximadamente un 2% de la superficie total de la CMR, e incluyen los alrededores del aeropuerto de Ezeiza, una porción en el partido de Esteban Echeverría y una zona muy pequeña en Lomas de Zamora (Quaini, 2011).

#### **12.6.1.1 Flora**

A pesar de la intensa intervención antropogénica que ha sufrido el ecosistema del pastizal, que lo llevó a una fisionomía notablemente homogénea a través del paisaje, se puede reconocer una importante heterogeneidad en la composición florística que ha permitido reconocer diferentes comunidades vegetales (William, Taboada, & Lavado).

La Cuenca del Matanza-Riachuelo se distinguen claramente los terrenos altos, las barrancas de transición (humedales) y las tierras bajas, anegadizas o pantanosas de los bañados y las orillas de los ríos y arroyos (Quaíni, 2011). Los primeros se caracterizan por reunir un mosaico de estepas de gramíneas y praderas con especies vegetales que crecen en altura, formando matas y especies que crecen al ras del suelo. En las zonas costeras, asoman los bosques ribereños, los bosques en galería o matorral ribereño y en pequeñas fracciones se introducen parches de formaciones leñosas (bosques).

Los humedales son uno de los ecosistemas más valorados presentes en esta región, caracterizados por abarcar una vasta biodiversidad de organismos. Estos poseen la capacidad de retener el agua de las lluvias y las crecientes de los ríos, atenuando el impacto de las inundaciones. Además, son capaces de fijar los contaminantes presentes en el agua, como un filtro, gracias a la presencia de vegetación, que puede absorber metales pesados y degradar distintos compuestos orgánicos (ACUMAR, Características de la Cuenca Matanza Riachuelo, s.f.)

En la cuenca media y alta del Matanza-Riachuelo la vegetación natural se despliega como un pastizal de flechillares y cebadillas en los relieves más altos y una pradera húmeda en las orillas pantanosas, compuesta por herbáceas palustres, junto a diversas ciperáceas, gramíneas y juncáceas, entre otras (Tabla XXXVII) (Faggi & Breuste, 2015).

Sobre los espejos de agua se suelen encontrar lentejas de agua, helechitos de agua, cucharitas de agua y repollito de agua. (Faggi & Breuste, 2015).

Entre las especies leñosas se destacan el Tala, el Aliso de río, el Ceibo, el Sauce criollo, entre muchos otros (Tabla XXXIX) (ACUMAR, Características de la Cuenca Matanza Riachuelo, s.f.).

Tabla XXXIX. Principales especies de la vegetación autóctona de la cuenca alta Matanza-Riachuelo (Faggi & Breuste, 2015).

Vegetación leñosa	Vegetación herbácea	
	Terrestre	Palustre
Aliso de río ( <i>Tessaria integrifolia</i> )	Flechilla mansa ( <i>Nassella hyalina</i> )	Junco ( <i>Schoenoplectus californicus</i> ),
Tala ( <i>Celtis ehrenbergiana</i> ).	Cebadilla criolla ( <i>Bromus catharticus</i> )	Saeta ( <i>Sagittaria montevidensis</i> ),
Ceibo ( <i>Erythrina crista-galli</i> ),	Cortadera ( <i>Cortaderia Selloana</i> ),	Lagunilla ( <i>Alternanthera philoxeroides</i> )
Sauce criollo ( <i>Salix humboldtiana</i> ),	Panizo ( <i>Paspalum distichum</i> )	Cucharero ( <i>Echinodorus macrophyllus</i> ),
Curupi ( <i>Sapium haematospermum</i> )		Redondita de agua ( <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> e <i>H. bonariensis</i> ),
Murta ( <i>Myrceugenia glaucescens</i> ),		Yerba del bicho ( <i>Polygonum punctatum</i> ),
Palo amarillo ( <i>Terminalia australis</i> ),		Camalotes ( <i>Pontederia cordata</i> y <i>P. rotundifolia</i> ),
Anacahuita ( <i>Blepharocalyx salicifolius</i> ),		margarita de bañado ( <i>Senecio bonariensis</i> )
		Pasto de laguna ( <i>Echinochloa helodes</i> )

La flora actual también se caracteriza ampliamente por la presencia de especies alóctonas, cuya permanencia estaría asociada al cambio de uso del suelo intensivo que ha sufrido la región desde la colonización europea (Guida Johnson, 2014).

Entre ellas, se detectaron grandes avances de herbáceas, ligadas al pastoreo; leñosas, provenientes de la región fitogeográfica del Monte tales como el caldén (*Prosopis caldenia*) o

el chañar (*Geoffroea decorticans*) o exóticas como los Arces, Acacias negras, Moreras, Ligustro, Palmeras Canarias, Álamos y Eucaliptos utilizados en establecimientos ganaderos para sombra (de fácil dispersión); como así también forestaciones con ñapindá, cina-cina, para la construcción de cercos y en los montes peri-domésticos (Tabla XL).

Tabla XL. Especies vegetales exóticas introducidas por el hombre en la CMR

Herbáceas exóticas	Leñosas exóticas
Festuca ( <i>Festuca arundinacea</i> ),	Arce ( <i>Acer negundo</i> ),
Caña Común ( <i>Arundo donax</i> ),	Acacia negra ( <i>Gleditsia triacanthos</i> ),
Cerraja Pegajosa ( <i>Pichris echioides</i> ) y	Morera Blanca ( <i>Morus alba</i> )
Lechuga Silvestre ( <i>Lactuca saligna</i> );	Morera Negra ( <i>Morus nigra</i> )
	Ñapindá ( <i>Acacia bonariensis</i> ),
	Cina-cina ( <i>Parkinsonia aculeata</i> ),
	Ombú ( <i>Phytolacca dioica</i> ),
	Ligustro ( <i>Ligustrum lucidum</i> ),
	Palmera Canaria ( <i>Phoenix canariensis</i> ),
	Álamo ( <i>Populus spp.</i> )
	Eucalipto ( <i>Eucalyptus</i> )

Hoy en día, se observa una predominancia de gramíneas de entre 0,5 y 1m de altura que coexisten con especies alóctonas. Las áreas cubiertas por vegetación natural más expresivas en la cuenca se dan a lo largo del río Matanza, principalmente en las cabeceras y terrenos bajos y anegadizos de los canales de drenaje secundarios (Quaíni, 2011).

### 12.6.1.2 Fauna

Consecuentemente, las especies de fauna asociadas originalmente a esta región también han desaparecido en gran medida, en virtud al alto grado de la degradación,

fragmentación y destrucción de su hábitat, la sobreexplotación de las especies, la contaminación, el cambio climático y la invasión de especies exóticas (Guida Johnson, 2014).

Los mamíferos principales autóctonos de la ecorregión pampeana se resumen en la tabla XLI a continuación:

Tabla XLI. Principales mamíferos autóctonos de la región.

Mamíferos herbívoros	Mamíferos carnívoros
Cuis ( <i>Microcavia australis</i> )	Gato montés ( <i>Felis silvestris</i> )
Coipo ( <i>Myocastor coypus</i> )	Zorro gris pampeano ( <i>Lycalopex gymnocercus</i> )
Vizcacha ( <i>Lagostomus maximus</i> )	Zorrino ( <i>Mephitidae</i> )
Guanaco ( <i>Lama guanicoe</i> )	Comadreja ( <i>Mustela nivalis</i> )
Venado de las pampas ( <i>Ozotoceros bezoarticus</i> )	Hurón ( <i>Mustela putorius furo</i> ).
Mara ( <i>Dolichotis patagonum</i> )	Puma ( <i>Puma concolor</i> )
Mulita pampeana ( <i>Dasyopus hybridus</i> )	

La cacería y el reemplazo de los pastizales autóctonos por campos de cultivo, desequilibró drásticamente la estructura trófica de la comunidad de mamíferos. Algunos ejemplos son el venado de las pampas, del que a penas quedan menos de 2000 ejemplares, y el puma y el guanaco, que han sufrido fuertes retracciones en su área de distribución en los pastizales del Río de la Plata (Bilenca & Miñarro, 2004).

Las aves autóctonas de la ecorregión pueden clasificarse en aves de pastizal, de bosques y de humedales, enlistados los principales en la Tabla XLII.

Sin embargo, estudios realizados en la Provincia de Buenos Aires indican que algunas aves de especialistas de humedales y de pastizal han retraído su distribución, especialmente

en las áreas densamente urbanizadas (Guida Johnson, 2014). Por su parte, las aves generalistas expanden su distribución a lo largo de todos los ambientes de la CMR.

Tabla XLII. Especies de aves presentes en CMR según ambientes. Obtenida de (Faggi & Breuste, 2015).

Aves de Pastizal	Aves de Bosques	Aves de Humedales	Aves Generalistas	Urbanas Exóticas
Ñandú ( <i>Rhea americana</i> )	Taguató ( <i>Rupornis magnirostris</i> ),	Biguá ( <i>Phalacrocorax brasilianus</i> )	Torcaza ( <i>Zenaida auriculata</i> )	Paloma doméstica ( <i>Columna livia</i> )
tero común ( <i>Vanellus chilensis</i> )	Chincherito chico ( <i>Lepidocolaptes angustirostris</i> )	Pato barcino ( <i>Anas flavirostris</i> )	Picaflor verde común (Trochilidae)	Chiripepe cabeza verde ( <i>Pyrrhura frontalis</i> )
Jilguero ( <i>Sicalis flaveola</i> )	Zorzal chachalero ( <i>Turdus amaurochalinus</i> )	Garza blanca ( <i>Ardea alba</i> )	Hornero ( <i>Furnarius Rufus</i> )	Gorrión ( <i>Passer domesticus</i> )
Calandria real ( <i>Mimus saturninus</i> )	Carpintero real (Picidae)	chajá ( <i>Chauna torquata</i> )	Chingolo ( <i>Zonotrichia capensis</i> )	Estornino pinto ( <i>Sturnus vulgaris</i> )
carpintero campestre ( <i>Colaptes campestris</i> )	Carpintero bataraz chico ( <i>Veniliornis mixtus</i> )	cuervillo de cañada ( <i>Plegadis chihi</i> ),	Carancho ( <i>Caracara plancus</i> )	Ñanday ( <i>Aratinga nenday</i> )
golondrina ceja blanca ( <i>Tachycineta leucorrhoa</i> )	Gavilán mixto ( <i>Parabuteo unicinctus</i> )	gallareta ( <i>Fulica leucoptera</i> )	Golondrina doméstica ( <i>Progne chalybea</i> )	Calancate ala roja ( <i>Psittacara leucophthalmus</i> )
halconcito colorado ( <i>Falco sparverius</i> )	Tacuarita azul ( <i>Polioptila dumicola</i> )	Macá común ( <i>Rollandia rolland</i> )	Golondrina parda (Progne tapera)	

Tijereta ( <i>Tyrannus savana</i> )	Monjita gris ( <i>Xolmis cinereus</i> )	Martín pescador ( <i>Megaceryle torquata</i> )	Torcacita común ( <i>Columbina picui</i> )	
Misto ( <i>Sicalis luteola</i> )	Boyerito ( <i>Icterus cayanensis</i> )	Pato maicero ( <i>Anas geórgica</i> )	Benteveo común ( <i>Pitangus sulphuratus</i> )	
Pirincho ( <i>Guira guira</i> )				

En lo que respecta a anfibios y reptiles, se destacan la tortuga cabeza de víbora (*Hydromedusa tectifera*), el sapo común (*Bufo bufo*) y el lagarto overo (*Salvator merianae*).

Según un relevamiento nocturno realizado por ACUMAR en el biocorredor de marcos paz, se detectaron especies de rana criolla (*Leptodactylus latrans*), la rana piadora (*Leptodactylus latinasus*) y la rana rayada (*Leptodactylus gracilis*), ranas rayadas, ranas piadoras y ranitas del zarzal (*Boana pulchella*) (ACUMAR, Relevamiento nocturno de artrópodos y anfibios en el biocorredor Marcos Paz, 2019)

Con respecto a la fauna ictícola existen pejerreyes (*Odontesthes bonariensis*), mojarra (*Astyanax fasciatus*), tarariras (*Hoplias malabaricus*), palometas (*Arona signata*), bogas (*Leporinus obtusidens*) y madrecitas de agua (*Phalloceros caudimaculatus*). Sin embargo, éstos han desaparecido en buena parte del curso principal debido a la ausencia de oxígeno disuelto en el agua y a la presencia de contaminantes. Se ha detectado la supervivencia de sólo aquellos con mayor tolerancia como sábalo (*Prochilodus lineatus*), bagres (Siluriformes) y chanchitas (*Australoheros facetus*), en ciertas zonas de la CMR (ACUMAR, Características de la Cuenca Matanza Riachuelo, s.f.).

### *12.6.1.3 Áreas protegidas*

Si bien dentro de las áreas de influencia definidas no se encuentra ningún área protegida, se destaca la reserva Natural Guardia del Juncal, ubicada a 32 km del del proyecto.

En el partido de Cañuelas, específicamente en la zona de la localidad de Gobernador Udaondo, se encuentra la Reserva Natural Guardia del Juncal, la cual posee una superficie de 137 Ha. Dicha reserva se establece en el campo denominado Guardia del Juncal, donde aproximadamente en el año 1770 funcionaba un fortín de defensa (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019)

Ésta reserva resguarda un museo que contiene una rica historia acerca de las antiguas fronteras con el territorio ocupado por pueblos originarios. Se ubica en una zona de lagunas y pastizales pampeanos con comunidades vegetales típicas representativas. El museo está enclavado en una arboleda de acacias, moras, talas, casuarinas, árboles del cielo y un ombú de más de 200 años de antigüedad (OPDS, s.f.)

Asimismo, dentro de la Cuenca Hídrica Matanza – Riachuelo existen varios humedales, los cuales son fundamentales en la regulación de los excesos de agua por su capacidad de retener el agua de las lluvias y las crecientes de los ríos. La cuenca Media del Matanza Riachuelo alberga un núcleo de áreas prioritarias de humedales, que abarcan distintos partidos. Algunos ejemplos son: la Laguna de Rocha, en Esteban Echeverría; Bosques de Ezeiza, en Ezeiza; Reserva de Ciudad Evita, en La Matanza; la Laguna de Santa Catalina, en Lomas de Zamora.

## **12.6.2 Línea de Base Socio-Ambiental**

### *12.6.2.1 Datos Generales*

El partido de Cañuelas forma parte de múltiples regionalizaciones de índole territorial, política y administrativa. Dentro de ellas, vale la pena mencionar a la Provincia de Buenos Aires, al Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y a la Cuenca del Río Matanza Riachuelo (CMR).

Provincia de Buenos Aires

La provincia de Buenos Aires, se encuentra integrada por dos jurisdicciones de primer orden (Estados Autogobernados): La Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), a su vez Capital Federal de la República Argentina, y la Provincia de Buenos Aires. Su ciudad capital es La Plata.

La provincia limita al Norte con las provincias de Entre Ríos y Santa Fe, al oeste con la Provincia de Córdoba y La Pampa, al suroeste con la Provincia de Río Negro. Hidrológicamente, se destacan los ríos Paraná y de La Plata que delimitan parte del margen norte de la provincia y el Océano Atlántico el margen este y sureste, sobre el cual tiene aproximadamente 1220 km de costas.

El territorio de la provincia está se divide en 135 municipios, constitucionalmente denominados Partidos, y CABA. Administrativamente, se destaca el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), que incluye a CABA y a 40 partidos del Conurbano Bonaerense.

Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA)

El Área Metropolitana de Buenos Aires es una zona urbana común conformada por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ciudad capital de la provincia de Buenos Aires, y 40 municipios de la Provincia de Buenos Aires.

## Área Metropolitana de Buenos Aires



Figura 61. Municipios del AMBA (ACUMAR, Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo, s.f.).

Se trata de una megápolis que se extiende desde el partido de Campana hasta la Ciudad de La Plata, con límite físico en el Río de la Plata e imaginario en la Ruta Provincial 6. Abarca una superficie total de 13.285 km<sup>2</sup>. Según el censo de 2010, cuenta con 14.800.000 habitantes, que concentran el 37% de los habitantes de la República Argentina (Buenos Aires Ciudad, 2021).

### Accesos

Como toda megaciudad, posee múltiples accesos internos, interprovinciales e internacionales aéreos, terrestres y marítimos. Dentro de los primeros se encuentran:

- Aeroparque Jorge Newbery, ubicado en la zona noroeste de la CABA, a una distancia de 2 km del centro. Opera vuelos de cabotaje y vuelos internacionales con destino hacia y desde Uruguay.
- Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini en Ezeiza, ubicados a 22 km del centro.
- Aeropuerto Teniente Benjamín Matienzo de El Palomar, y a 33,2 km del centro porteño

Por vía terrestre, es posible acceder al AMBA tomando las Rutas nacionales (RN) 1, 2, 3, 5, 7, 8 y 9, que su vez, a lo largo de su recorrido estas carreteras empalman con otras rutas

nacionales o provinciales existentes en el país. Otro medio viable es a partir de los servicios ferroviarios regionales y de larga distancia, que interconectan al AMBA con el interior de Buenos Aires, Córdoba y Tucumán.

Dentro de los medios marítimos se destacan la Terminal Benito Quinquela Martín, que recibe ferris y cruceros de distintos países del mundo y particularmente con la República Oriental del Uruguay por medio de dos pasos internacionales: Puerto Guazú-Guazucito – Carmelo y Puerto Martín García - Carmelo.

### 12.6.2.1 El Municipio de Cañuelas

#### 12.6.2.1.1 Localización

El partido de Cañuelas se encuentra ubicado en el noreste de la provincia de Buenos Aires y dista a 60 km. de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Figura 62). Limita al Sur con los partidos de Monte y General Paz, al Este con el partido de San Vicente, al Noreste con el partido de Ezeiza, al Norte con los partidos de La Matanza y Marcos Paz, al Noroeste con el partido de General Las Heras y al Oeste con el partido de Lobos. Ocupa una superficie es de 120.000 hectáreas y representa el 0,40% de la superficie de la provincia.

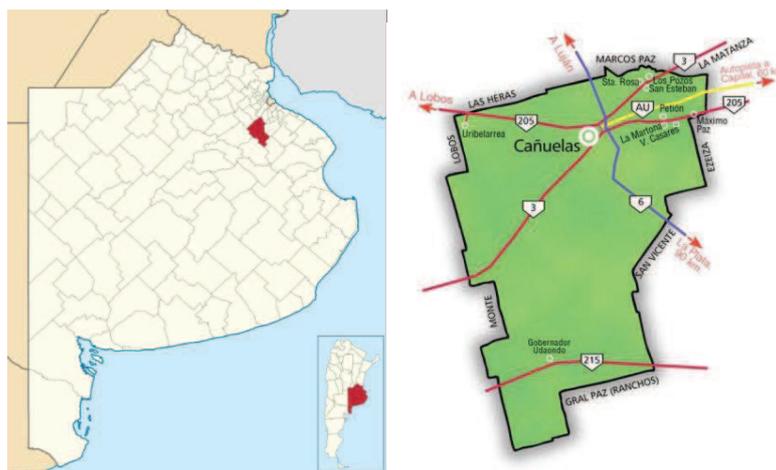


Figura 62. Municipio de Cañuelas. Obtenido de Google Imágenes.

Junto con 29 partidos más de la provincia, se halla inserto dentro de la región denominada Pampa Deprimida o Zona Deprimida del Salado, en el límite con la región de la Pampa Ondulada. Pertenece al AMBA ya que desarrolla actividades primarias que crecen debido al impulso proveniente de la demanda de los centros de consumo (Cañuelas Gobierno, CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS, s.f.) y, como se ha mencionado, pertenece a la Cuenca alta del Matanza-Riachuelo, junto con los partidos de Gral. Las Heras, Marcos Paz, San Vicente y Pte. Perón.

#### *12.6.2.1.2 Accesos*

- Desde la Ciudad de Buenos Aires, por AU Ezeiza-Cañuelas.
- Desde el Conurbano o desde el centro de la Provincia, por Ruta Nacional 205.
- Desde el Conurbano o desde el sur del país, por Ruta Nacional 3.
- Desde La Plata, por Ruta Provincial 6.
- Desde las ciudades de Zárate, Campana, Luján y otras: por Ruta Provincial 6.

#### *12.6.2.1.3 Historia y cultura*

La zona se conocía como el Pago del Carmen de las Cañuelas, denominado actualmente en las actas municipales como “ el Pueblo del Carmen de Cañuelas”. Fue bautizada por agrimensores y pilotos españoles que encontraron a la endémica totora de las pampas similar a las cañuelas de su terruño (caña: planta gramínea de un metro de altura de hojas anchas y puntiagudas). Asimismo, el nombre también se le debe a la existencia de una pequeña y humilde capilla bajo la advocación de la virgen, Patrona de la comunidad, y razón por la cual el 16 de julio de cada año se realizan las Fiestas Patronales en su honor (Cañuelas Gobierno, Historia y Cultura, s.f.).

El gobierno presidido por Martín Rodríguez con sus ministros Bernardino Rivadavia y Manuel J. García, dictaron la ley de supresión de los cabildos de origen hispánicos, nombrando, el 22 de enero de 1822, a jueces de paz de campaña al mando de 28 partidos. Desde entonces, la provincia se dividió en tres departamentos y dentro del primero se encontraba Cañuelas, que desde ese momento tuvo su primera autoridad, el Juez de Paz don José Hilarión Castro, comenzando su trayectoria como partido independiente (Cañuelas Gobierno, Historia y Cultura, s.f.).

En el pago de Cañuelas, han sucedido hechos que marcan hitos de historia argentina, como la existencia de una de las primeras "líneas de frontera", avanzadas del hombre blanco para contener a los aborígenes en sus incursiones. Hoy encontramos allí un museo y reserva natural "Guardia del Juncal", que resguarda variedad de aves zancudas y plantas acuáticas, convirtiendo a este sitio en un reservorio ecológico de la pampa primitiva (Cañuelas Gobierno, Historia y Cultura, s.f.).

#### 12.6.2.1.3 Información demográfica

Según los últimos datos censales del 2010, el partido de Cañuelas cuenta con 51.892 habitantes, representando el 0,33 % de la población de la provincia de Buenos Aires, registrándose un crecimiento poblacional del 18 % entre los años 2001-2010 (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2012).

Según las proyecciones del INDEC (2012), para el año 2021 Cañuelas contaría con un total de 63923, representando el 0,36% de la población de Buenos Aires en el mismo período (INDEC). Este valor representaría un incremento poblacional del 23% respecto al registrado en el año 2010.

La densidad de población es de 43,6 habitantes por kilómetro cuadrado, siendo el 87% de dicha población perteneciente al área urbana (Figura 63).

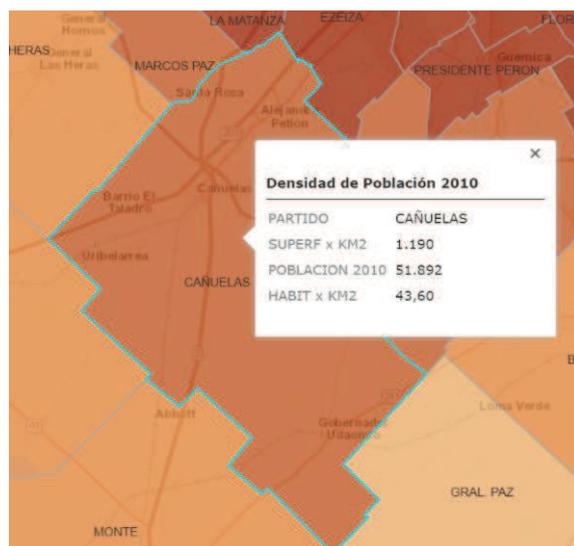


Figura 63. Datos demográficos del partido de Cañuelas.

El partido de Cañuelas está integrado por las localidades de: Cañuelas (cabecera de partido), Alejandro Pedión, Barrio El Taladro, Gobernador Udaondo, Máximo Paz, Santa Rosa, Uribelarrea y Vicente Casares. Tal como se observa en la Figura 64, las localidades que concentran el mayor porcentaje de población son Cañuelas, Máximo Paz y Santa Rosa con el 58%, 14% y 10,21% respectivamente.

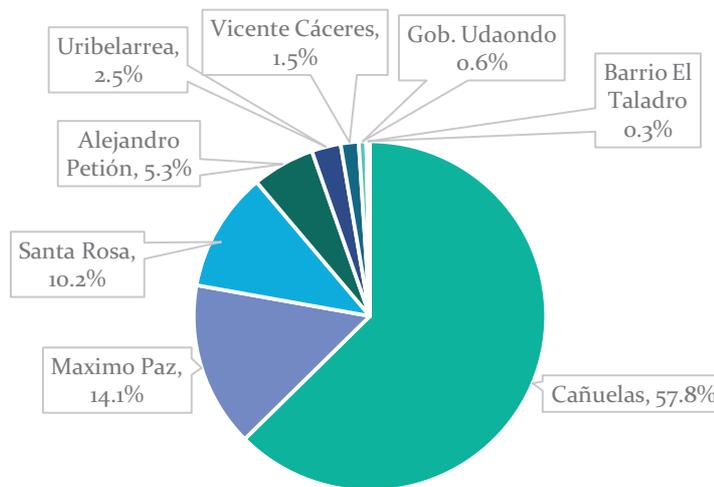


Figura 64. Distribución de habitantes de Cañuelas por localidad

A partir de la siguiente Pirámide de Población del partido de Cañuelas, organizada por sexo y edad, se puede concluir que se trata una población predominantemente joven; ya que tiene una estructura triangular de base ancha (Figura 65).

El indicador de Fecundidad (porcentaje de mujeres en edad fértil), es del 50,09% y el indicador de envejecimiento (porcentaje de población mayor a 65 años) es de 8,12%. Asimismo, el porcentaje de población de 80 años y más es del 1,75% en el nivel municipal, y de 3% en el nivel provincial (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019).

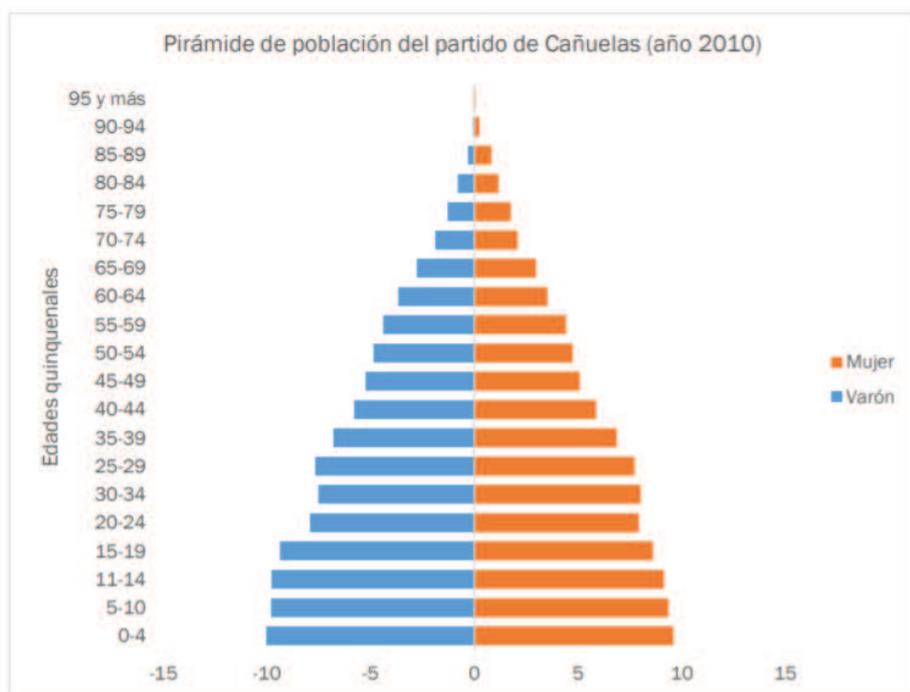
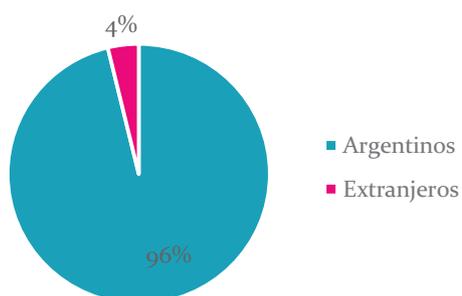


Figura 65. Pirámide poblacional del partido de Cañuelas (año 2010) (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019)

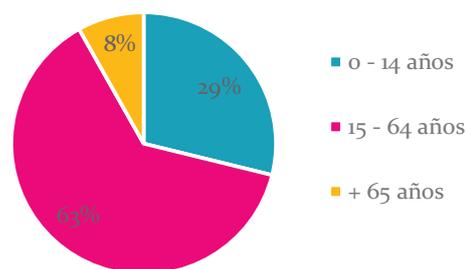
A partir de la Figura 66, se puede visualizar más fácilmente que la población mayoritaria se encuentra entre los 14 y los 65 años, siendo en su mayoría argentinos.

### Distribución por nacionalidad



(a)

### Distribución etaria



(b)

Figura 66. (a) distribución poblacional por rango etario y (b) distribución poblacional por nacionalidad. Elaboración propia a partir de los datos del censo 2010 del INDEC.

12.6.2.1.4 Viviendas y Hogares

Entendiéndose a una *vivienda* como un “espacio donde viven personas, separado por paredes u otros elementos cubiertos por un techo”; y a un *hogar* como “persona o grupo de personas que viven bajo el mismo techo y comparten los gastos de alimentación”, se han censado un total de 18.288 viviendas y 15.312 hogares (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2012). El 80% de las viviendas están habitadas y un 20% deshabitadas.

La mayor cantidad de viviendas se aloja en la zona urbana y en las localidades de Cañuelas, Marcos Paz y Santa Rosa. (Figuras 67 y 68).

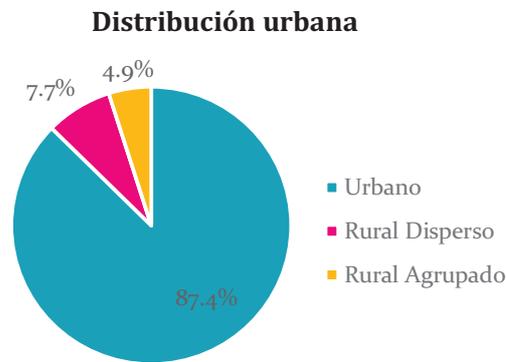


Figura 67. Distribución urbana de las viviendas. Elaboración propia a partir de los datos del censo 2010 del INDEC.

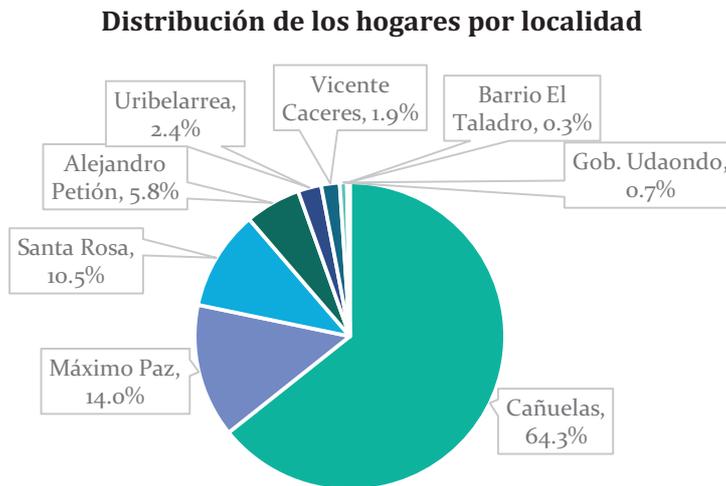


Figura 68. Distribución de hogares por localidad. Elaboración propia a partir de los datos del censo 2010 del INDEC.

En la tabla XLIII a continuación, se representa el porcentaje de viviendas hogares y población por tipo de viviendas, sobre el total de viviendas habitadas (Cañuelas Gobierno, Información Demográfica, s.f.)

Tabla XLIII. Distribución de viviendas, hogares y población según tipo de vivienda. \*sobre el total de viviendas habitadas (Cañuelas Gobierno, Información Demográfica, s.f.).

Tipo de vivienda	% Viviendas *	% Hogares *	% Población *
Casa	91,75%	91,91%	92,43%
Rancho	0,94%	0,93%	0,91%
Casilla	3,17%	3,10%	3,52%
Departamento	3,65%	3,56%	2,82%
Pieza/s en inquilinato	0,17%	0,18%	0,11%
Pieza/s en hotel o pensión	0,02%	0,02%	0,00%
Local no construido para habitación	0,20%	0,22%	0,13%
Vivienda móvil	0,09%	0,08%	0,06%

#### 12.6.2.1.5 Educación

En el análisis socioeconómico de una determinada población, ese vuelve relevante evaluar los indicadores educativos (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019). Entre ellos se encuentran el nivel de alfabetización, los niveles de educación alcanzados por la misma, la asistencia a instituciones educativas, entre otros. A continuación, se exponen los mismos en forma de gráficos (Figuras 69, 70 y 71)



Figura 69. Alfabetización de la población

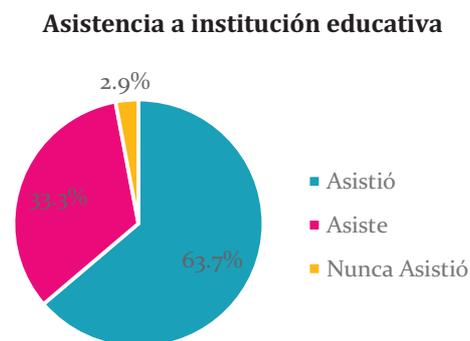


Figura 70. Asistencia a instituciones educativas

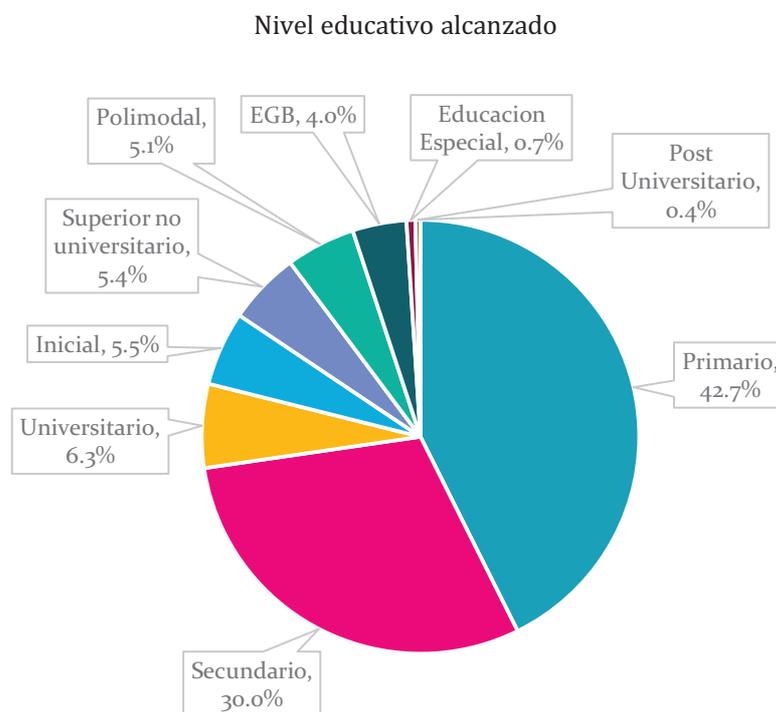


Figura 71. Nivel educativo alcanzado de la población del Municipio de Cañuelas.

Observando las Figuras 69, 70 y 71, puede concluirse que la mayor parte de la población está alfabetizada, aunque casi el 50% de la misma completó únicamente el nivel primario.

Por otro lado, del total de alumnos inscriptos en el año 2017, en el partido de Cañuelas, 17.898 (79,91%) lo hicieron en establecimientos educativos estatales y 4.501 (20,09%) (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019).

Por último, cabe destacar que el porcentaje de población con condición de analfabetismo (1,85%) se encuentra en el mismo rango de valores identificados para el nivel provincial (1,37%) y nacional (1,92%) (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019).

#### *12.6.2.1.6 Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)*

El índice NBI se utiliza para abordar el problema de la pobreza desde las condiciones estructurales y no únicamente desde los ingresos por hogar; por este motivo considera características de la vivienda, las condiciones sanitarias, la educación y la capacidad de subsistencia.

Un hogar es considerado en situación de NBI cuando presenta al menos uno de los siguientes indicadores de privación:

- Hacinamiento: hogares que tuvieran más de tres personas por cuarto.
- Vivienda: hogares en una vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, vivienda precaria u otro tipo, lo que excluye casa, departamento y rancho).
- Condiciones sanitarias: hogares que no tuvieran ningún tipo de retrete.
- Asistencia escolar: hogares que tuvieran algún niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asistiera a la escuela.
- Capacidad de subsistencia: hogares que tuvieran cuatro o más personas por miembro ocupado y, además, cuyo jefe no haya completado tercer grado de escolaridad primaria.

A Partir de los datos obtenidos en el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (CNPHV) del año 2010, realizado por el INDEC, el 10,32% de los hogares (14,20% de los habitantes) del partido de Cañuelas se encuentra en situación de NBI (Figura 72). Estas cifras se ubican por encima de los valores registrados en el nivel nacional (9,1%), en la provincia de Buenos Aires (8,2%) y el del Interior del país (6,5%) (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019).

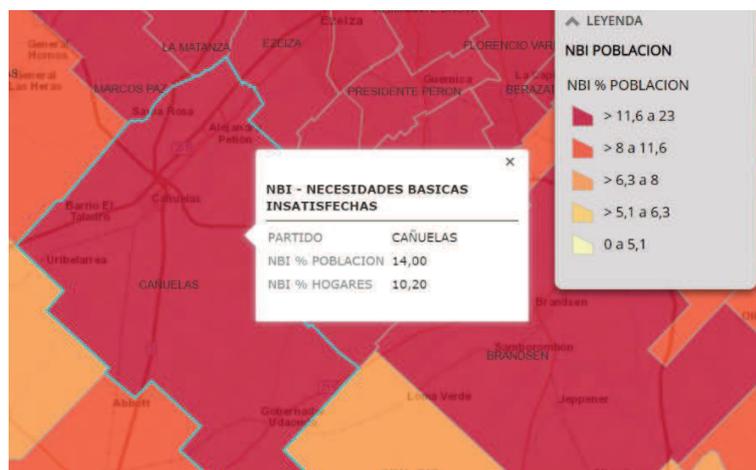


Figura 72. Índice de NBI del Partido de Cañuelas.

### 12.6.2.1.7 Salud

A los fines de medir la situación de la salud en una determinada zona, se consideran la tasa de mortalidad infantil (TMI) y el grado de población con cobertura médica.

En lo que a cobertura de salud refiere, el CNPHV del 2010 indicó que el 46,54% de la población del partido de Cañuelas posee Obra social (incluido PAMI). Mientras que existe un 37,80% que No tiene obra social, prepaga o plan estatal (Figura 73)

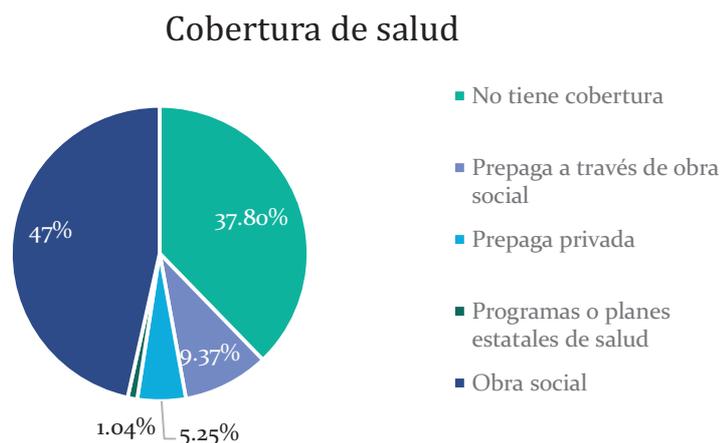


Figura 73. Población según cobertura de salud

Por otro lado, ACUMAR lleva un registro de los casos de personas con sospecha de problemas de salud asociados a contaminación ambiental. A continuación, se presenta la Tabla XLIV, que enlista dichos casos y, a su vez, refleja el porcentaje de los mismos que recibieron atención sanitaria.

Tabla XLIV. Casos con sospecha de problemas de salud asociados a la contaminación ambiental y el porcentaje de atención sanitaria.

Municipios	Casos incorporados a Gestión de Casos por sospecha de problemas de salud, sin acceso al sistema de salud	Acceso a la atención sanitaria	% Acceso a la atención sanitaria
Almirante Brown	60	15	25%
Avellaneda	51	29	57%
CABA	62	23	37%
Cañuelas	88	42	48%
Esteban Echeverría	47	9	19%
Ezeiza	155	29	19%
General Las Heras	13	11	85%
La Matanza	249	113	45%
Lanús	154	42	27%
Lomas de Zamora	110	47	43%
Marcos Paz	52	2	4%
Merlo	250	132	53%
Morón	43	32	74%
Presidente Perón	106	34	32%
San Vicente	57	33	58%
Cuenca Matanza Riachuelo	1.497	593	40%

Fuente: Dirección de Salud y Educación Ambiental de ACUMAR. Actualizado a enero de 2018.

La tasa de mortalidad infantil (TMI) representa el número de defunciones de niños menores de un año por cada 1.000 nacidos vivos en un determinado año. Es un indicador de salud y de condiciones socioeconómicas, ambientales y sanitarias (Finkelsteina, Codebó Ramalho Luza, Feiocka, Della Rosa, & García, 2020).

A su vez, también se registran la Tasa de Mortalidad Neonatal y la Tasa de Mortalidad Posnatal. La primera hace referencia a los niños fallecidos en los primeros 27 días de vida extrauterina mientras que la segunda a aquellos fallecidos entre los 28 y los 365 días de vida extrauterina.

El TMI de Cañuelas en el año 2017 alcanzó los 10,9 puntos, posicionándola en el segundo puesto de mayor TMI de la CMR, luego del municipio de Esteban Echeverría (Dirección de Salud y Educación Ambiental & ACUMAR, 2019).

La TMI y de cada uno de sus componentes en la CMR ha experimentado una evolución descendente a partir del año 2010, registrando los valores más bajos del periodo de estudio en 2017 (Dirección de Salud y Educación Ambiental & ACUMAR, 2019). Sin embargo, para el caso particular de Cañuelas, la TMI, TMN y TMP han mostrado una tendencia oscilante entre los años 2010 y 2017, mostrándose en aumento a finales del período (Tablas XLIII, XLIV y XLV)

Tabla XLV. Evolución de la TMI de Cañuelas y de la CMR

Jurisdicción	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Tendencia
Cañuelas	14,8	14,5	7,8	11,8	6,8	6,8	7,1	10,9	
CMR	11,9	11,5	12,1	11,4	11,3	9,9	10,5	9,4	

Tabla XLVI. Evolución de la TMN de Cañuelas y de la CMR

Tasa de Mortalidad Neonatal									
Jurisdicción	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Tendencia
Cañuelas	9,3	10,9	3,5	5,4	5,1	4,3	1,8	5,4	
CMR	7,5	7,1	8,0	7,4	7,5	6,5	6,7	6,4	

Tabla XLVII. Evolución de la TMP de Cañuelas y de la CMR

Tasa de Mortalidad Postneonatal									
Jurisdicción	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Tendencia
Cañuelas	5,6	3,6	4,3	6,4	1,7	3,4	5,3	5,4	
CMR	4,4	4,4	4,1	3,9	3,8	3,4	3,8	3,1	

### 12.6.2.1.8 Infraestructura Urbana

Para reflejar el soporte funcional del partido de Cañuelas para otorgar bienes y servicios para el funcionamiento y satisfacción de su comunidad, se incluyen indicadores de: acceso al agua de red, servicio de cloacas, energía eléctrica, combustible para calefaccionar y cocinar; como así también la infraestructura de educación, salud y transporte.

Estos indicadores pueden dar una idea de la calidad de vida general que tiene la población.

#### Servicio de agua potable y cloacas

La provisión de agua potable en la ciudad de Cañuelas se efectúa mediante 12 pozos de extracción al acuífero Pampeano. Nueve de ellos son de abastecimiento al tanque de distribución ubicado en el centro de la ciudad, mientras que los restantes están conectados en red o en zona. Dichos pozos tienen una profundidad de 40 a 50 metros y tienen una edad promedio de 30 años. Como método de desinfección el sistema posee equipos de cloración a la salida del tanque de distribución y, en los casos de abastecimiento directo a red, a la salida de los pozos. La red de distribución tiene la misma edad que las perforaciones y en su mayoría son de asbestos cementos, salvo las ampliaciones de los últimos 10 años la cual se han reemplazado por el PVC.

El sistema cloacal posee una red de cañerías que colectan los vertidos domiciliarios y los vuelcan sobre colectores principales que transportan el líquido a la planta de tratamiento. Ésta última se encuentra hacia el sur-oeste en las inmediaciones del Aº Cebey, en el cual vuelca el líquido tratado. Este sistema posee tres estaciones de bombeo.

En la Localidad de Máximo Paz, no existen redes de distribución de agua ni cloacas, por lo que el agua potable se obtiene de pozos particulares y la deposición de líquidos cloacales se realiza mediante pozos negros.

Según el CNPHV 2010, sólo el 33,63% de los hogares de Cañuelas se provee de agua potable a partir de Red pública (ABSA) y el 31,4% tiene conexión a la red cloacal (Figuras 74 y 75).

Provisión y procedencia del agua en hogares

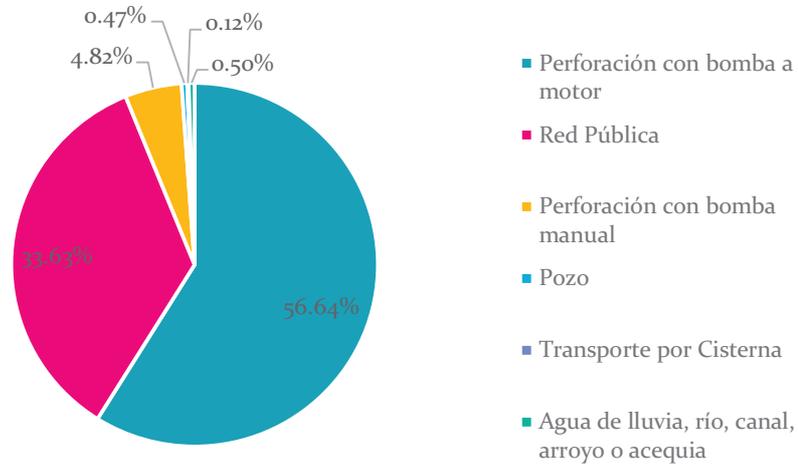


Figura 74. Provisión y procedencia del agua para beber y cocinar de los hogares de Cañuelas. Elaboración Propia a partir de los datos de CNPHV 2010.

Distribución de hogares según desague sanitario de Cañuelas

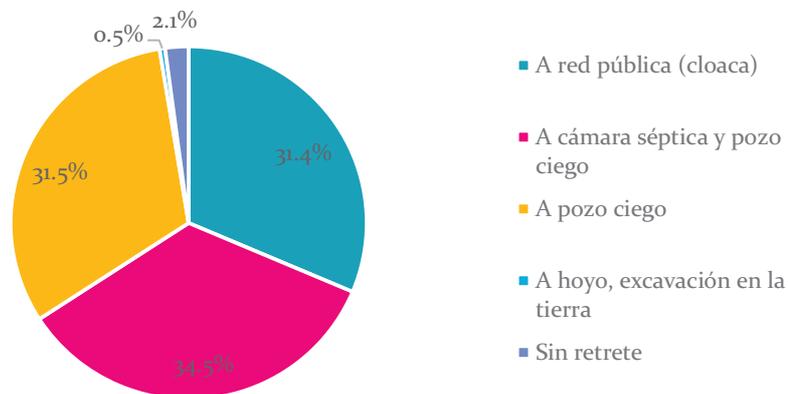


Figura 75. Desagüe sanitario de los hogares de Cañuelas. Elaboración Propia a partir de los datos de CNPHV 2010.

### Red de Gas

Según los datos presentados por el Observatorio del Conurbano Bonaerense, ICO-UNGS (con base en CNPHV 2001 y 2010), al año 2010 el 36,2% de los hogares de Cañuelas estaba conectado a la red de gas natural.

Este porcentaje presentó una disminución del detectado en 2001 (38,3%), ya que en dicho año, de 11.471 hogares detectados, 4.390 estaban conectados; mientras que, en el 2010, se registraron un total de 15.312 hogares y sólo 5.547 estaban conectados.

#### 12.6.2.1.9 Situación socio-económica

### Tasa de ocupación

Considerando la población económicamente activa (PEA), el nivel de ocupación registrado en el año 2010 fue del 62,44% (Figura 76) (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019).

Tasa de ocupación de la PEA

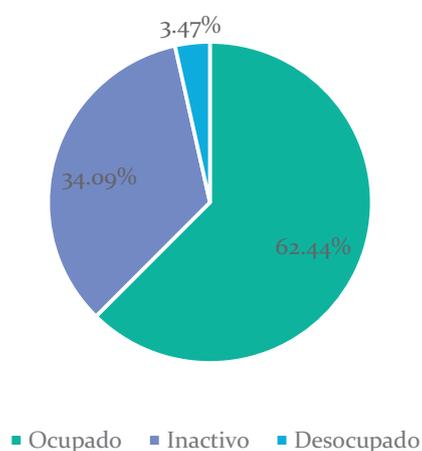


Figura 76. Proporción del nivel ocupacional de la PEA. Elaboración propia a partir del CNPHV 2010.

Dentro de la población ocupada del partido de Cañuelas, el 79,12% trabaja como Obrero o empleado, el 12,30% Trabaja por cuenta propia y el 7,78% es patrón (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019).

En la Tabla XLVIII pueden observarse las actividades económicas que se desarrollan en el partido de Cañuelas. Las seis primeras actividades concentran en su conjunto al 72,93% de los casos censados, identificándose el Comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores y motocicletas (18,83%); Enseñanza (16,97%); Industria Manufacturera (14%); Administración pública y defensa, planes de seguro social obligatorio (8,33%); Transporte y almacenamiento (7,79%); y Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca (6,54%) (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019).

Tabla XLVIII. Actividades ocupacionales del Partido de Cañuelas. Obtenido de: (Mercado Agroganadero & Polo Agroganadero Comercial, 2019).

Código de actividad número	Casos	%
<b>Total</b>	<b>23.455</b>	<b>100</b>
G. Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	4.416	18,83
P. Enseñanza	3.981	16,97
C. Industria Manufacturera	3.395	14,47
O. Administración pública y defensa; planes de seguro social obligatorio	1.953	8,33
H. Transporte y almacenamiento	1.826	7,79
A. Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	1.535	6,54
F. Construcción	1.334	5,69
T. Actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico; o productores de bienes	1.301	5,55
S. Otras actividades de servicios	693	2,95
Q. Salud humana y servicios sociales	684	2,92
I. Alojamiento y servicios de comidas	663	2,83
z. Sin descripción	426	1,82
M. Actividades profesionales, científicas y técnicas	326	1,39
E. Suministro de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento	260	1,11
J. Información y comunicación	225	0,96
R. Artes, entretenimiento y recreación	114	0,49
D. Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	111	0,47
K. Actividades financieras y de seguros	91	0,39
I. Actividades inmobiliarias	54	0,23
N. Actividades administrativas y servicios de apoyo	49	0,21
B. Explotación de minas y canteras	18	0,08

### Actividades Productivas

Históricamente, Cañuelas se ha destacado como un territorio ganadero, con predominio de las actividades de cría y tambo y escasa agricultura.

Dada la cercanía a los grandes centros de consumo, alentada por la existencia del ferrocarril, la actividad tampera se desarrollo con intensidad en un ámbito de larga tradición ganadera (Barros, Gonzalez Maraschio, & Villareal, 2005).; desarrollándose, junto con demás



proveedores. Hacia los años '70 y '80 se fueron conformando importantes complejos agroindustriales, impulsando a la actividad tambera como la actividad económica principal (Barros, Gonzalez Maraschio, & Villareal, 2005).

Por el contrario, ante la imposibilidad de adquirir tecnología y la decadencia del sistema ferroviario, los pequeños productores se vieron obligados a dejar de producir y, en muchas ocasiones, a abandonar su propiedad, contribuyendo al despoblamiento del sector rural (Barros, Gonzalez Maraschio, & Villareal, 2005).

Consecuentemente, en 1980 comienzan a instalarse nuevas formas de asentamientos vinculados con la residencia y el ocio de la población metropolitana. A su vez, se incorporó la actividad turística rural ligada a las actividades agropecuarias (Barros, Gonzalez Maraschio, & Villareal, 2005).

La caída de la valorización de tierras con destino residencial hacia los '90, la construcción de la autopista Ezeiza-Cañuelas y la posibilidad de inversión en tierras luego de la crisis económica del 2001, contribuyeron a la profundización de ambos procesos (Barros, Gonzalez Maraschio, & Villareal, 2005) y, consecuentemente, a una rápida revalorización de los terrenos

Esto provocó un repoblamiento del área, protagonizado por habitantes de origen metropolitano y actividades urbanas, dando origen a nuevas actividades rurales o neorrurales. Barros, Gonzalez Maraschio & Villareal, 2005, citado en Barros, 1999).

De esta manera, ante la combinación del perfil agropecuario del partido sumado a los nuevos usos del suelo orientados a la satisfacción de necesidades de habitantes del AMBA (residenciales, ocio y turismo), el ámbito rural tomó una fuerte resignificancia; dando origen a una nueva configuración territorial: el ámbito *rururbano*. Entre las diversas formas de nuevos asentamientos y actividades, pueden mencionarse: barrios cerrados, countries y clubes de chacras; segundas residencias, o "casas de fin de semana"; establecimientos dedicados al turismo: estancias y granjas educativas; neo-artesanos, entre otros (Barros, Gonzalez Maraschio, & Villareal, 2005).

Finalmente, La composición económica de Cañuelas, queda representada en su mayoría por actividades secundarias (sector industrial), seguido de las primarias (sector

agropecuario) y terciarias (sector comercial) (Cañuelas Gobierno, Actividades Principales, s.f.)

Dentro de la producción agropecuaria es posible diferenciar uso del suelo en las diferentes áreas del partido. En el sector noroeste, compuesto mayoritariamente por asentamientos urbanos, los establecimientos son más pequeños y predomina la actividad intensiva (agricultura intensiva, horticultura, avicultura y cría de cerdos). Al Este predomina la actividad tambera, facilitada por la proximidad a los centros de consumo. Finalmente, en el área sur, más despoblada y más extensa, con suelos anegadizos, predomina la ganadería de cría (Cañuelas Gobierno, Actividades Principales, s.f.)

Las actividades industriales que han crecido sostenidamente en el tiempo son las fábricas de ladrillos y la industria alimentaria. Estos sectores suman el 64% de los establecimientos y el 80% de los puestos de trabajo. Prácticamente el 60% de los establecimientos se localiza en la planta urbana (Cañuelas Gobierno, Actividades Principales, s.f.)

Dentro de la actividad comercial, los rubros principales son de comestibles, kioscos, bares, indumentaria y profesionales y empleados privados (Cañuelas Gobierno, Actividades Principales, s.f.)

## 12.7 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

### 12.7.1 Aspectos Generales

Se define como *impacto ambiental* a cualquier alteración significativa de los componentes físicos, químicos y/o biológicos del medio ambiente o medio social como resultado de una intervención antrópica (ENOHSA); y como *aspecto ambiental* a un elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con cualquier factor ambiental.

La identificación de efectos e impactos ambientales se vuelve una parte fundamental del presente trabajo, ya que permite detectar aquellos factores resultantes que puedan modificar el estado original de componentes ambientales, sociales y económicos dentro del área de influencia. De esta forma, es posible proyectar las situaciones que surgirán como resultado del desarrollo del proyecto contrastando con el medio base ambiental del área

analizado previamente. Esto constituye la base principal para la elaboración de un Plan de Manejo Ambiental, el cual será desarrollado más adelante (Carcavallo, 2020).

Para llevar a cabo este análisis, es esencial identificar dos componentes: las acciones impactantes (aspectos ambientales) y las variables del medio afectadas por dichas acciones (factores ambientales).

### 12.7.2 Actividades generadoras de impacto

A partir de las actividades enumeradas en el apartado 11.5, se asocian las siguientes actividades generadoras de impacto:

<b>Construcción</b>	Recepción de equipos y materiales
	Limpieza y nivelación del terreno
	Excavaciones, Movimiento de tierras y Escombros
	Gestión de residuos de obra
	Transporte de obradores
	Cimentación de unidades e instalación de estructuras metálicas.
	Instalación sistema de conducción e impulsión
	Instalación eléctrica, de PLCs y sistema SCADA
	Montaje sala de control
	Contingencias
	Limpieza de obra
<b>Operación</b>	Pruebas, Corrección de errores y Puesta en marcha
	Operación de la PTELI
	Mantenimiento y limpieza de la PTELI
	Gestión de residuos peligrosos e industriales
<b>Cierre</b>	Cese de actividades.
	Desmantelamiento/Reacondicionamiento.

### 12.7.3 Factores ambientales potencialmente impactados

En cuanto a los componentes ambientales, se consideran los siguientes factores físicos y biológicos del medio natural; y factores socio-económicos y factores socio-culturales del medio antrópico. Todos éstos se detallan en la tabla XLIX a continuación:

Tabla XLIX. Factores del medio físico, biológico y antropogénico tenidos en cuenta en la EIA.

<b>Medio Físico</b>	
<b>Agua</b>	Calidad del agua superficial
	Calidad del agua subterránea
	Nivel freático
<b>Suelo</b>	Calidad
	Compactación
	Usos
<b>Aire</b>	Calidad
	Ruido
	Olor
	Vibración
<b>Medio biológico</b>	
<b>Flora y Fauna</b>	Hábitat
	Corredores biológicos
	Biodiversidad y abundancia
<b>Paisaje</b>	Calidad
<b>Medio antropogénico</b>	
<b>Desarrollo económico</b>	Bolsa de empleo
	Energía
	Economía local
<b>Salud</b>	Calidad de vida
	Salud y seguridad en el trabajo
	Salud y seguridad poblacional

#### *12.7.4 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales*

Luego de la identificación y definición las actividades potencialmente generadoras de impacto y los elementos ambientales potencialmente afectados, se procede a la identificación y valoración de los impactos ambientales generados.

Para ello se confeccionó la Matriz de Leopold, una matriz de evaluación ponderativa que aplica el concepto de causa–efecto y a través de la cual se logra ponderar el impacto de las acciones sobre el medio ambiente y medir su calidad. Estas mediciones se establecen como parámetros por medio de los cuales se puede manejar e interpretar el impacto o efecto, siendo índices cuantificables o valorativos (Dellavedova, 2016).

Este tipo de matriz es la metodología más utilizada en la Argentina principalmente por su simplicidad, aunque introduce un alto grado de subjetividad del profesional que la confecciona. Consiste en un cuadro de doble entrada en donde las columnas y filas representan a las actividades potencialmente generadoras de impacto y a los factores ambientales susceptibles a ser impactados, respectivamente.

De esta manera, se logró identificar la interdependencia entre los impactos y calificarlos según sus características. En la Tabla L a continuación se expone la Matriz de Impacto Ambiental del proyecto, cuya metodología de confección se encuentra desarrollada en detalle en el Anexo IV.

Tabla L. Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales

Actividades del Proyecto			Construcción											Operación				Cierre		Valores Medios
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XV	XVI	XVII		
Factores Ambientales			Recepción de equipos y materiales	Limpieza y nivelación del terreno	Excavaciones, Movimiento de tierras y Escormentos	Gestión de residuos de obra	Transporte de obradores	Cimentación de unidades e instalación de estructuras metálicas.	Instalación sistema de conducción e impulsión	Instalación eléctrica, de PLCs y sistema SCADA	Montaje sala de control	Contingencias	Limpieza de obra	Pruebas, Corrección de errores y Puesta en marcha	Operación de la PTELI	Mantenimiento y limpieza de la PTELI	Gestión de residuos peligrosos e industriales	Cese de actividades	Desmantelamiento/Reacondicionamiento.	
			Físicos	Agua	1	Calidad del agua superficial														
2	Calidad del agua subterránea																			
4	Drenaje superficial																			
Suelo	5	Calidad																		
	6	Compactación																		
	7	Usos																		
Aire	9	Calidad																		
	10	Ruido																		
	11	Olor																		
	12	Vibración																		
	Flora y Fauna	13	Hábitat																	
		14	Corredores biológicos																	
15		Biodiversidad y abundancia																		
Paisaje	16	Calidad																		
Antropogénico	Desarrollo económico	17	Bolsa de empleo																	
		18	Energía																	
		19	Economía local																	
	Salud	20	Calidad de vida poblacional																	
		21	Salud y seguridad en el trabajo																	
		22	Salud y seguridad poblacional																	
Valores Medios																				

## 12.8 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

### 12.8.1 Etapa Constructiva

**Calidad del aire.** La calidad del aire se verá afectada principalmente por el manejo y manipulación de los materiales de construcción y por la acción de los vehículos y maquinarias requeridos para la misma. Habrá levantamiento de polvos y material particulado que por acción del viento se verá dispersado en el terreno y en los sectores lindantes. Asimismo, el tráfico vehicular del transporte de obradores, maquinaria y materia prima generará emisiones gaseosas asociadas al proceso de combustión.

**Ruido y vibraciones.** El accionar de los camiones y la maquinaria de construcción generará ruidos y vibraciones, de forma discontinua y a diferentes niveles, que modificarán el sonido de fondo del ambiente natural.

**Agua subterránea.** La calidad del agua subterránea podrá verse afectada en caso de derrames accidentales de gasoil o emulsiones con aceites minerales, producto del lavado de maquinaria o por pérdidas accidentales.

**Suelo.** El primer impacto introducido en el medio edáfico es el **cambio del uso del suelo**, ya que de ser virgen pasará a ser removido y hormigonado. Consecuentemente, la **calidad** y **compactación** del suelo se verán afectadas por los procesos de desarraigo de la vegetación silvestre, excavaciones y movimientos del suelo, nivelación, edificación e instalación de servicios. El hormigonado y el uso de maquinarias y vehículos generará compactación e impedirá el contacto del suelo vegetal con el exterior, inhabilitando su desarrollo. Finalmente, el derrame accidental de combustibles o residuos peligrosos puede provocar su contaminación.

**Flora.** El hábitat de la flora se verá drásticamente reducido en el sitio de emplazamiento del proyecto, por el requerimiento de hectáreas libres de vegetación. Los individuos que no sean removidos se verán afectados por el impacto provocado en los suelos.

**Fauna.** De igual manera, la fauna silvestre sufrirá la pérdida de su hábitat lo cual afectará directamente a su comportamiento y ciclo de vida, generándose migraciones de individuos a sectores aledaños, como consecuencia de la invasión, ruidos y vibraciones.

**Paisaje.** La belleza paisajística natural del área de emplazamiento también se verá modificada, por la disminución y reemplazo de especies vegetales, la migración de las especies animales y la instalación de edificaciones y servicios. Sin embargo, al estar el sitio previamente intervenido por la presencia de la fábrica y sus demás edificios, esta afectación no se considera significativa.

**Desarrollo económico.** En el plano socioeconómico, la contratación de una empresa constructora, el alquiler de maquinaria de obra y la compra de materiales generará movimiento en la oferta y demanda comercial local, promoviendo la economía y la generación de empleo. A su vez, se generará un aumento del consumo de energía y servicios de recolección y disposición final de residuos industriales y peligrosos.

**Salud y seguridad.** La etapa constructiva implica altos riesgos de salud y seguridad del personal, por los distintos trabajos peligrosos que implica; y riesgos de afectación de la calidad de vida del vecindario, debido a los ruidos y vibraciones molestas, tránsito de camiones y aumento del movimiento de vehículos.

### *12.8.2 Etapa Operativa*

**Calidad del Aire.** La afección a la calidad del aire durante la operación del proyecto se debe mayoritariamente a las emisiones causadas por la liberación de VOC's del mismo efluente, al tener contacto con el exterior, durante el tratamiento. Además, también ha de tenerse en cuenta las emisiones de gases y particulado generadas por el tráfico de vehículos de transporte de residuos y materia prima. En menor medida, la calidad del aire podría verse afectada por las emisiones causadas por la descomposición de residuos sólidos acopiados, lo que también puede llegar a generar malos olores.

**Ruido.** El continuo funcionamiento de los sopladores y las bombas centrífugas incrementará el ruido de base de la zona, como así también los camiones que accedan o abandonen el predio.

**Olor.** Debido a la alta cantidad de grasas que contiene el efluente industrial y a la inclusión del caudal cloacal en el sistema de tratamiento, es posible la emanación de olores indeseables durante el tratamiento.

**Agua superficial y subterránea.** Durante la operación de la fábrica, se generan constantemente efluentes líquidos de diferentes características que pueden llegar a afectar los cuerpos de agua mediante infiltración, percolación o disposición directa sobre los mismos.

Los efluentes resultados de la producción, limpiezas, baños, y cocina, como así también lixiviados de residuos que no sean volcados correctamente en las rejillas, pueden tomar contacto con el suelo y percolar hasta alcanzar un cuerpo de agua subterráneo, contaminándolo.

En el caso de algún derrame accidental, la calidad del agua superficial y subterránea del área puede verse interferida por tomar contacto con el efluente contraminado, pudiendo generar inundaciones o escorrentías hasta el canal pluvial.

**Suelo.** En el caso de que la planta de tratamiento posea algún desperfecto, los efluentes volcados al suelo vegetal van a interferir con la calidad de este y/o provocar un proceso de salinización, a causa de la infiltración y percolación de agua residual. Otra fuente de contaminación edáfica puede ser la infiltración de lixiviados de residuos acopiados, tanto industriales como peligrosos.

**Flora.** La flora terrestre se verá afectada preferentemente por el continuo volcado del efluente tratado en el suelo vegetal.

**Fauna.** La fauna terrestre poseerá su hábitat limitado, debido a la ocupación y a la actividad humana continua que se desarrollará en el área del proyecto. Las actividades de mantenimiento de la estructura edilicia también causarán el mismo efecto.

Una mala disposición de residuos sólidos fuera de los contenedores o recintos puede atraer a que animales como las aves o roedores ingieran su contenido, pudiendo ocasionar daños en su metabolismo y/o en la cadena trófica y aumentar la posibilidad de transmisión de enfermedades a los turistas.

El tráfico vehicular puede generar la muerte de animales por atropellamientos o espantarlos por la generación de ruido. A su vez, la aplicación de plaguicidas, insecticidas y fumigaciones generarán la muerte de individuos de poblaciones de insectos y anfibios, modificando la dinámica del ecosistema.

**Paisaje.** Durante la operación del proyecto, el paisaje no se verá significativamente modificado, ya que el diseño y estructuración del mismo se realizó en la etapa anterior. Sin embargo, se agregarán un aumento del flujo de vehículos y de generación de residuos en el predio.

**Desarrollo económico.** La instalación de la PTELI influirá en el desarrollo económico local por convertirse en un establecimiento que demandará mano de obra especializada de diferentes rubros (Ingenieros, técnicos, auditores, maestranza, seguridad, especialistas ambientales, etc) y requerirá contratación y uso de la red eléctrica de la ciudad.

En menor medida, la actividad del proyecto también influirá en varios aspectos en cuanto a la infraestructura de la urbe. Para acceder al mismo, se generarán nuevos movimientos y transporte de personas por la trama urbana mediante medios públicos o vehículos privados, incrementando el tráfico diario habitual.

**Salud, seguridad y calidad de vida.** En cuanto a la salud y calidad de vida del vecindario, el emplazamiento de la PTELI puede llegar a generar molestias por ruidos molestos o emanación de olores indeseables.

Finalmente, cabe destacar que la instalación de cámaras de seguridad y el personal de vigilancia del complejo estará a disposición de la zona las 24 horas del día, lo que beneficiará al vecindario aledaño.

### *12.8.3 Etapa Cierre.*

**Desarrollo económico.** El principal impacto causado en esta etapa tiene que ver con la reducción de puestos de trabajo y la disminución de la demanda de materia prima e insumos en el mercado. Por otro lado, disminuirá también la demanda de energía.

**Salud, seguridad y calidad de vida.** El cese de actividades reducirá notablemente los ruidos y olores molestos al vecindario.

Con respecto a la limpieza de la obra, los impactos generados serán similares a los producidos en la etapa constructiva.

## 12.9 PLAN DE MANEJO Y MONITOREO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental surge como resultado de una evaluación ambiental y consiste un conjunto de medidas y acciones de prevención, mitigación y compensación de los efectos e impactos ambientales provocados por el desarrollo del proyecto.

Paralelamente, el Plan de Monitoreo Ambiental establece las herramientas y parámetros para el seguimiento de la calidad de los componentes ambientales susceptibles a ser afectados por el desarrollo del proyecto. Los elementos del mencionado plan pueden ser indicadores, documentación de registro, frecuencia de ampliación y los responsables de supervisión.

A continuación, se detallan las fichas en donde se especifican las medidas del Plan de Manejo Ambiental junto con los elementos requeridos para del Plan de Monitoreo. Las mismas fueron confeccionadas con las referencias detalladas en la Matriz de Impacto Ambiental, en la sección 11.7.

<b>Medida N°1</b>	<b>Evaluación de contratistas y proveedores</b>
<b>Etapa</b>	Construcción, Operación y cierre
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	I, II, III, IV, VI, VII, VIII, IX, XI, XII, XIII, XV, XVII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	1 a 10; 13 a 16; 20 a 22
<b>Descripción de la medida</b>	Evaluación de contratistas y proveedores previos a contratación. Deben evidenciar un Sistema de Gestión de Calidad, Seguridad y Medioambiente aptos, con procedimientos y responsables que garanticen un desarrollo del proyecto adecuado, seguro y eficaz.
<b>Tipo</b>	Preventiva
<b>Responsable</b>	Cliente
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Previo al inicio del proyecto

<b>Medida N°2</b>	<b>Planificación de cronograma de obra</b>
<b>Etapa</b>	Construcción y cierre
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	I, III, V, VI, VII, VIII, IX, XI
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	1 a 16; 18; 20 a 22

<b>Descripción de la medida</b>	Establecer un cronograma de actividades en el cual se detalle: Orden, duración, responsable, medidas de seguridad, maquinaria y cantidad de insumos necesarios para cada actividad. A fin de evitar: Tiempos muertos, retraso de la obra, desperdicio de materiales o maquinaria, consumo energético excesivo, ruido y contaminación, etc.
<b>Tipo</b>	Preventiva
<b>Responsable</b>	Contratista
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Al inicio de la obra o cierre de la obra

<b>Medida N°3</b>	<b>Minimización de ruidos y vibraciones</b>
<b>Etapa</b>	Construcción, operación y cierre
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	III, V, VI, IX, XII, XIII, XVII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	10; 12 a 15; 20 a 22
<b>Descripción de la medida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aislamiento, sectorización y señalización de la obra: Cerramiento del terreno, definición de sectores en función del uso y delimitación y vallado de caminos.</li> <li>- Respetar horarios de obra según el cronograma.</li> <li>- Preservar la vegetación arbórea de los límites del terreno, para atenuar que los vientos que transportan el ruido alcancen las zonas aledañas.</li> <li>- Colocar los sopladores dentro de cerramientos con aislación acústica</li> </ul>

<b>Medida N°4</b>	<b>Control de emisiones</b>
<b>Etapa</b>	Construcción, operación y cierre
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	III, IV, V, X, XI, XIV, XV, XVII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	9; 13 a 15; 20 a 22

<b>Descripción de la medida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubrir las unidades operativas (API, DAF, Reactor biológico y Sedimentador) para disminuir o eliminar la emisión de VOCs y evaluar su tratamiento.</li> <li>- Garantizar el estado adecuado de las maquinarias, mediante la contratación de proveedores confiables y la exigencia de la Verificación Técnica Vehicular (VTV).</li> <li>- Cumplimiento del cronograma de obra a fin de reducir los tiempos de funcionamiento de las maquinarias.</li> <li>- Humedecer la superficie de los caminos y el área de obra con suelo desnudo, a fin de evitar el levantamiento de polvo con el tránsito de vehículos y maquinarias.</li> </ul>
<b>Tipo</b>	Reducción
<b>Responsable</b>	Contratista y Cliente
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Durante la Obra

<b>Medida N°5</b>	<b>Mantenimiento de vehículos y maquinarias</b>
<b>Etapa</b>	Construcción y cierre
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	III; V, VI; XI; X; XVII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	2, 5, 9, 15; 20; 21 y 22
<b>Descripción de la medida</b>	Contar con un cronograma de mantenimiento, en el cual se verifique el correcto funcionamiento de los vehículos y maquinarias, a fin de evitar derrames de combustible, emisiones gaseosas no deseadas o ruido excesivo de las mismas
<b>Tipo</b>	Prevención
<b>Responsable</b>	Contratista
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Durante la Obra y Cierre

<b>Medida N° 6</b>	<b>Protección de vías de drenaje natural</b>
<b>Etapa</b>	Construcción
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	III y XVII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	1 a 4; 13 a 16

<b>Descripción de la medida</b>	Impedir la interrupción o desvío de las vías de drenaje natural durante la nivelación, excavación, movimiento y perforación del suelo, para evitar inundaciones en el terreno propio y aledaños
<b>Tipo</b>	Preventiva
<b>Responsable</b>	Contratista
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Por única vez en la primera etapa de la obra

Medida N°7	Saneamiento de derrames
<b>Etapas</b>	Construcción, operación y cierre
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	III-V; XII; XV; XVII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	1 a 5; 13; 15; 16; 20, 21 y 22
<b>Descripción de la medida</b>	Contar con un procedimiento, materiales necesarios y personal capacitado para llevar a cabo una contención y remediación de derrames de residuos peligrosos (ej: aceites o combustible)
<b>Tipo</b>	Remediación
<b>Responsable</b>	Contratista y Cliente
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Ocasional

Medida N°8	Determinación de corredores ambientales
<b>Etapas</b>	Construcción y operación
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	II-III; V-VI; XVII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	13, 14 y 15
<b>Descripción de la medida</b>	Garantizar que durante el desmante, limpieza del terreno y cercamiento de la obra se deje en pie un porcentaje de vegetación silvestre de forma continua. De este modo se reduce el impacto generado a la reducción del hábitat de las comunidades animales.
<b>Tipo</b>	Reducción
<b>Responsable</b>	Contratista y Cliente
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Durante la obra y la operación del proyecto

Medida N°9	Capacitación y concientización ambiental
<b>Etapas</b>	Construcción, operación y cierre

<b>Actividades generadoras de impacto</b>	I a XVII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	1 a 16; 20 a 22
<b>Descripción de la medida</b>	Llevar a cabo un cronograma de inducciones sobre el cuidado y respeto del medioambiente (paisaje, flora y fauna) tanto para personal como para los clientes. Dar a conocer las políticas ambientales y establecer las sanciones frente a desacato.
<b>Tipo</b>	Prevención
<b>Responsable</b>	Cliente
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Mensual

<b>Medida N°10</b>	<b>Tecnología de ahorro energético</b>
<b>Etapas</b>	Construcción y Operación
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	XII a XIV
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	18
<b>Descripción de la medida</b>	Instalación de equipamiento con tecnología avanzada para evitar consumos energéticos excesivos y emisiones de gases de efecto invernadero: Sistema de automatización de la planta, luminaria con sensores de movimiento, etc.
<b>Tipo</b>	Reducción
<b>Responsable</b>	Cliente
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Por única vez en la instalación del mobiliario y equipamiento electrodoméstico.

<b>Medida N°11</b>	<b>Mantenimiento de las instalaciones</b>
<b>Etapas</b>	Operativa
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	X, XII, X, XIII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	1 a 16, 18, 20 a 22.
<b>Descripción de la medida</b>	Realizar una planificación de actividades de control y mantenimiento de las instalaciones, a fin de evitar contingencias, ruidos molestos o pérdidas de energía y garantizar correcto funcionamiento de la planta de tratamiento. Generar registros.
<b>Tipo</b>	Preventiva
<b>Responsable</b>	Cliente
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Mensual

<b>Medida N° 12</b>	<b>Sistema de Gestión Integrado</b>
<b>Etapa</b>	Constructiva, Operativa y Cierre
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	I a XVII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	1 a 22
<b>Descripción de la medida</b>	Llevar adelante el proyecto bajo un sistema de gestión estandarizado, en el cual se establezcan los modos operativos para garantizar un desarrollo de calidad y seguro para el personal, los clientes y el medio ambiente
<b>Tipo</b>	Preventiva
<b>Responsable</b>	Cliente
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Diaria

<b>Medida N°14</b>	<b>Labrado y reforestado del suelo</b>
<b>Etapa</b>	Construcción
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	I; II; V; X
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	5; 9; 13 a 16
<b>Descripción de la medida</b>	Luego de la construcción, será necesario el labrado y reforestado del suelo removido y compactado. Se deberán utilizar especies autóctonas para no interferir en el ecosistema.
<b>Tipo</b>	Remediación
<b>Responsable</b>	Contratista
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Luego del desmonte y nivelación del suelo y al finalizar la obra.

<b>Medida N°15</b>	<b>Definir responsable de gestión de residuos</b>
<b>Etapa</b>	Construcción y operación
<b>Actividades generadoras de impacto</b>	I; II; IV; VI a VIII; X a XIII; XVII
<b>Factores ambientales en riesgo</b>	1 a 5; 9; 13 a 16; 20 a 22
<b>Descripción de la medida</b>	Definir un responsable de la disposición inicial de los residuos en sus correspondientes contenedores. Para el caso de los peligrosos, el responsable estará a cargo de la llave recinto correspondiente y del correcto acopio de los mismos.
<b>Tipo</b>	Preventiva
<b>Responsable</b>	Contratista y Complejo
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Diaria

## 12.10 CONCLUSIONES

La instalación de la PTELI responde a una necesidad legal y ambiental de cumplir con la normativa de vuelco, preservar la salud de las personas y garantizar la preservación del medioambiente.

Dentro de los impactos positivos se destacan la preservación de la salud y seguridad de los trabajadores y vecinos, por la reducción de toxicidad y nocividad del efluente generado; la generación de nuevos puestos de trabajo; y la activación del mercado, que ocasiona, indirecta y consecuentemente, el crecimiento económico local.

Los impactos negativos más significativos están vinculados con la generación de ruido, compactación del suelo, cambio de uso del suelo y afectación a la calidad del paisaje durante la etapa constructiva; la generación de ruido, afectación de la calidad del aire y a la calidad del suelo durante la etapa operativa; y generación de ruido y vibraciones durante la etapa de cierre. La afectación a la flora, la fauna y la calidad de vida del vecindario se dan a lo largo de todas las etapas del proyecto.

Paralelamente, la ocurrencia de contingencias ocasionaría impactos negativos significativos en la mayoría de los componentes ambientales.

Finalmente, se concluye que a partir de la presente Evaluación de Impacto Ambiental, el desarrollo de la PTELI resulta FACTIBLE. De llevarse a cabo los Planes de Manejo y Monitoreo Ambiental de forma adecuada para todas las etapas del proyecto, el mismo podrá efectuarse con calidad, de forma segura y disminuyendo las consecuencias negativas para el ambiente y la sociedad.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACUMAR. (27 de 11 de 2019). *Relevamiento nocturno de artrópodos y anfibios en el biocorredor Marcos Paz*. Obtenido de Acumar:  
<https://www.acumar.gob.ar/prensa/relevamiento-nocturno-de-artropodos-y-anfibios-en-el-biocorredor-marcos-paz/>
- ACUMAR. (2020). *Índice de Calidad de Agua Superficial (ICA-Sup)*. Obtenido de ACUMAR:  
<https://www.acumar.gob.ar/indicadores/indice-calidad-agua-superficial-ica-sup/>
- ACUMAR. (2021). *Informe Trimestral. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Análisis e interpretación de resultados*. Buenos Aires: Coordinación de Calidad Ambiental. Dirección Técnica. Dirección de calidad ambiental.
- ACUMAR. (s.f.). *Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo*. Recuperado el 2020, de <http://www.acumar.gob.ar/caracteristicas-cuenca-matanza-riachuelo/>
- ACUMAR. (s.f.). *Características de la Cuenca Matanza Riachuelo*. Obtenido de ACUMAR:  
<https://www.acumar.gob.ar/caracteristicas-cuenca-matanza-riachuelo/>
- ACUMAR. (s.f.). Tratamiento Físico-químico., (pág. 51).
- Agudelo López, S., & Hernandez Baena, D. A. (2006). *Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales (IDEAM)*. Recuperado el Marzo de 2020, de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021246/021246.htm>
- Allen, L. (2015). *Manual de diseño para manejo de aguas grises*.
- Almasi, A., Dargahi, A., & Amrane, A. (2014). *Effect of the retention time and the phenol concentration on the stabilization pond efficiency in the treatment of oil refinery wastewater*. Iran: Ardabil University of Medical Sciences.
- Almojjly, A., Johnson, D., Oatley-Radcliffe, D. L., & Hilala, N. (2018). Removal of oil from oil-water emulsion by hybrid coagulation/sand filter as pre-treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 17-27.
- Al-Muzaini, S. M. (1987). Treatment of Refinery Wastewaters Using Various Modified. *Open Access Dissertations*. , Paper 552.
- Arias, C. A., & Brix, H. (2003). *Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.

- Barrenechea Martel, A. (2004). Coagulación. En C. P. (OPS/CEPIS), *Tratamiento de agua para* (págs. 151-220). Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS) .
- Barros, C., Gonzalez Maraschio, F., & Villareal, F. (2005). *Actividades Rurales y Neorrurales en un área de contacto rural-urbano*. Buenos Aires: IV Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales. Facultad de Ciencias Económicas UBA.
- Barthe, P., Chaugny, M., & Roudier, S. (2015). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas*. Sevilla: Institute for Prospective Technological Studies.
- Becker, A. N. (2018). *Tratamiento de efluentes líquidos industriales para una industria gráfica con sistema de impresión offset*. Buenos Aires.
- Bilenca, D., & Miñarro, F. (2004). *Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil*. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Bilenca, D., Codesido, M., Abba, A. M., Agostini, M., Corriale, M., Fischer, C., . . . Zufiaurre, E. (2018). *Conservación de la Biodiversidad en Sistemas Pastoriles: buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal. Kit de extensión para las Pampas y Campos*. . Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Bratby, J. (1980). *Coagulation & Flocculation*. Croydon, Inglaterra: Uplant Press, ltd.
- Breuste, J. (2015). *La cuenca Matanza-Riachuelo : una mirada ambiental para recuperar sus riberas*. Buenos Aires: Universidad de Flores.
- Buenos Aires Ciudad. (2021). *El Área Metropolitana de Buenos Aires*. Obtenido de Buenos Aires Ciudad: El Área Metropolitana de Buenos Aires
- Bush, K. E. (1980). *Refinery wastewater treatment and reuse*. Nueva York: Chemical Engineering McGraw-Hill Pub Co.
- Campos, J., Machado, C., Couto, J. M., Florido, P., Cerqueira, A., & Santiago, V. (2014). Evaluation of an Activated Sludge Process Combined with Powdered Activated Carbon for the Treatment of Oil Refinery Wastewater. *Journal of International Environmental Application & Science*, 24-36.
- Cañuelas Gobierno, M. (s.f.). *Actividades Principales*. Obtenido de Cañuelas Gobierno, Municipal: <https://www.canuelas.gov.ar/index.php/canuelas/actividades-principales>

- Cañuelas Gobierno, M. (s.f.). *CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS*. Obtenido de Cañuelas Gobierno Municipal:  
<https://www.canuelas.gov.ar/index.php/canuelas/caracteristicas-geograficas>
- Cañuelas Gobierno, M. (s.f.). *Historia y Cultura*. Obtenido de Cañuelas Gobierno Municipal: <https://www.canuelas.gov.ar/index.php/canuelas/historia-y-cultura>
- Cañuelas Gobierno, M. (s.f.). *Información Demográfica*. Obtenido de Cañuelas Gobierno Municipal: <https://www.canuelas.gov.ar/index.php/canuelas/informacion-demografica>
- Carcavallo, M. N. (2020). *Estudio de Impacto Ambiental: Complejo Termal Colón*. Buenos Aires.
- Cecen, F., & Aktas, O. (2012). *Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment*. Alemania: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Cecn, F., & Aktas, O. (2012). *Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment*. Weinheim, Alemania: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Chin, K. K. (1994). Evaluation of Treatment Efficiency of Processes from Petroleum Wastewater. *Water Science Technologies*, 47-50.
- Coronado Rocha, O., Mercado Guzmán, A., & Claros Bascope, L. (2008). *Calidad del Agua en Sistemas de Abastecimiento en Poblaciones Rurales Dispersas*. Cochabamba, Bolivia: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON.
- Crites, R. W., Middlebrooks, E. J., Bastian, R. K., & Reed, S. C. (2014). *Natural Wastewater Treatment Systems*. Nueva York: Taylor & Francis Group.
- Dall' Armellina, M., & Fernández Bussy, J. (2010). *Argentina.gob.ar*. Recuperado el 2020, de El riesgo de desastres en la planificación del territorio: primer avance:  
<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/el-riesgo-de-desastres-planificacion-territorio.pdf>
- De Vargas, L. (2004). Mezcla Rápida. En C. P. (CEPIS/OPS), *Tratamiento de agua para consumo* (págs. 227-262). Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS).
- Dellavedova, M. G. (2016). *Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Dirección de Salud y Educación Ambiental, (., & ACUMAR. (2019). *Análisis de la Mortalidad Infantil en la Cuenca Matanza Riachuelo. Años 2010-2017*. Buenos Aires.
- Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas. (s.f.). *La planificación y la gestión de los recursos hídricos debe ser una política de estado*.

- Eckenfelder, W. W. (2000). *Industrial Water Pollution Control*. Mc-Graw Hill Companies Inc.
- El-Awady, M., Abdelfattah, I., & El-Magd, A. A. (2015). Reliable Treatment of Petroleum Processing Wastewater Using Dissolved Air Flotation in Combination with Advanced Oxidation Process. *Egyptian Journal of Chemistry*, 609– 624.
- ENOHSa, E. N. (s.f.). *Fundamentación de los criterios*.
- Faggi, A., & Breuste, J. (2015). *LA CUENCA MATANZA-RIACHUELO una mirada ambiental para recuperar sus riberas*. Buenos Aires: Universidad de Flores (UFLO).
- Finkelsteina, J., Codebó Ramalho Luza, M., Feiocka, L., Della Rosa, G., & García, S. (2020). Mortalidad infantil en la Cuenca Matanza Riachuelo. Comparación con la Ciudad de Buenos Aires, la provincia de Buenos Aires y la Argentina (de 2010 a 2017). *Arch Argent Pediatr*, 118(5):313-319.
- Foy, B., & Close, L. (2007). Toxicity reduction using Power Activated Carbon. *Water Environment Federation Industrial Water Quality Conference* (págs. 1-11). Kansas : Burns and McDonell.
- Galil, N., & Wolf, D. (2001). Removal of hydrocarbons from petrochemical wastewater by dissolved air flotation. *Water Science and Technology*, 107–113.
- Garcés, R., Martínez Force, E., & Salas, J. (2011). *Vegetable oil basestocks for lubricants*. Recuperado el Marzo de 2020, de Instituto de la Grasa (CSIC): <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/1294/1293>
- Génova, L. J. (2011). Calidad del agua subterránea para riego complementario en la Pampa Húmeda argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 63-81.
- Gezairy, H. A. (1987). *Wastewater Stabilization Ponds - Principles of planning and practice*. World Health Organization.
- Ghimire, N., & Wang, S. (2018). *Biological Treatment of Petrochemical Wastewater*. Noruega: University of South-eastern Norway.
- Guida Johnson, B. (2014). *Rehabilitación de ambientes degradados en la cuenca Matanza-Riachuelo: enfoque a múltiples escalas*. Buenos Aires: Universidad Nacional de General Sarmiento .
- INDEC. (s.f.). *INDEC: Proyecciones por departamento*. Obtenido de INDEC: [https://sitioanterior.indec.gob.ar/nivel4\\_default.asp?id\\_tema\\_1=2&id\\_tema\\_2=24&id\\_tema\\_3=119](https://sitioanterior.indec.gob.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=24&id_tema_3=119)

- Instituto Nacional de Estadística y Censos, I. (2012). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- IPU. (s.f.). *Descripción Ambiental de San Nicolás*. San Nicolás. Recuperado el 2020, de Descripción Ambiental de San Nicolás:  
<https://issuu.com/ipudocumentos/docs/desambtal>
- Jafarinejad, S. (2017). Activated sludge combined with powdered activated carbon (PACT process) for the petroleum industry wastewater treatment: A review . *Chemistry International*, 368-377.
- Jafarinejada, S., & Jianga, S. C. (2019). *Current technologies and future directions for treating petroleum refineries and petrochemical plants (PRPP) wastewaters*. Journal of Environmental Chemical Engineering.
- Jimenez Islas, D., Medina Moreno, S. A., & Gracida Rodriguez, J. N. (2009). *Propiedades , aplicaciones y producción de biotensoactivos: una revisión*. Zempoala: Departamento de Biotecnología, Universidad Politécnica de Pachuca.
- Knight, R. L., Kadlec, R. H., & Ohlendorf, H. M. (1999). *The Use of Treatment Wetlands for Petroleum Industry Effluents*. American Chemical Society.
- Kruse, E., & Zimmermann, E. D. (s.f.). *HIDROGEOLOGÍA DE GRANDES LLANURAS. PARTICULARIDADES EN LA LLANURA PAMPEANA (ARGENTINA)*.
- Kus, B., & Kandasamy, J. (2009). *Low-Cost Filtration System to Treat First-Flush Stormwater*. Australia: Springer Science + Business Media B.V. .
- Ledesma Cano, B. (2013). *REGENERACIÓN DE CARBONES ACTIVADOS*. Badajoz: Universidad de Extremadura.
- Malpartida, A. R. (2003). *La Cuenca del Rio Matanza Riachuelo*. Recuperado el 2020, de Ambiente Ecológico: [http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/informesEspeciales/009\\_InformesEspeciales\\_MatanzaRiachuelo\\_AlejandroMalpartida.pdf](http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/informesEspeciales/009_InformesEspeciales_MatanzaRiachuelo_AlejandroMalpartida.pdf)
- Mara, D. D. (2003). *Domestic wastewater treatment in developing countries*. Londres: Earthscan .
- Martinez, E. S. (Enero de 1992). *Universidad Autónoma de Nuevo León*. Recuperado el Marzo de 2020, de <http://eprints.uanl.mx/245/1/1020074593.PDF>
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. México: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Mercado Agroganadero, (., & Polo Agroganadero Comercial, (. (2019). *Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Nuevo Mercado Agro Ganadero en Cañuelas*. . Buenos Aires.

- metálica, H. (9 de Febrero de 2021). *Hidrometalica*. Obtenido de Hidrometalica: <https://hidrometalica.com/wp-content/uploads/2017/01/Cat%C3%A1logo-Desnatador.pdf>
- Metcalf, E., & Eddy, H. (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. McGraw Hill Companies, Inc.
- Moursy, A. S., & El-Ela, S. E. (1982). Treatment of oily refinery wastes using a dissolved air flotation process. *Environmental international*, 267-270.
- Nacheva, P. M. (2011). Water management in the petroleum refining industry. En M. Jha, *Water Conservation* (págs. 105-128). Croacia: InTech.
- OPDS. (s.f.). *Áreas Naturales Protegidas*. Obtenido de OPDS - Gobierno de la Provincia de Buenos Aires: [http://www.opds.gba.gov.ar/anp/reserva\\_natural\\_guardia\\_del\\_juncal](http://www.opds.gba.gov.ar/anp/reserva_natural_guardia_del_juncal)
- OPS, O. P. (2005). *GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS*. Obtenido de <http://www.elaguapotable.com/Guia%20dise%C3%B1o%20filtraci%C3%B3n%20en%20m%C3%BAltiples%20etapas.pdf>
- Ordoñez Blacio, D. A., & Palacios Pérez, J. L. (s.f.). *Filtros lentos de arena*. Universidad De Cuenca.
- Pereyra, F. X. (2004). Geología urbana del área metropolitana bonaerense. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 395.
- Pérez., L. G. (2011). *Ingeniería Básica Ambiental para el Diseño de Mejoras del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Refinería de RECOPE S.A en Moín-Limón*. Limón, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Pombo, F., Magrini, A., & Szklo, A. (2011). Technology Roadmap for Wastewater Reuse in Petroleum Refineries in Brazil. En E. Broniewicz, *Environmental Management in Practice* (págs. 425-448). Brasil: InTech.
- Quaíni, K. (2011). *Análisis espacio-temporal de un índice de incidencia antrópica en la cuenca Matanza-Riachuelo, Provincia de Buenos Aires*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Ramalho, R. S. (s.f.). *Tratamiento secundario: El proceso de lodos activos*. Obtenido de <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/TRATAMIENTO.pdf>
- Roitman, G., & Preliasco, P. (2018). *GUÍA DE RECONOCIMIENTO DE HERBÁCEAS DE LA PAMPA DEPRIMIDA. Características para su manejo. BUENAS PRÁCTICAS PARA*

- UNA GANADERÍA SUSTENTABLE DE PASTIZAL. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Sainz Sastre, J. A. (2005). *Tecnologías para la sostenibilidad*. Madrid: Fundación EOI.
- Santo, C. E., Vilar, V. J., Botelho, C. M., Eva Kumar, A. B., & Boaventura, R. A. (2012). *Optimization of coagulation–flocculation and flotation parameters for the treatment of a petroleum refinery effluent from a Portuguese plant*. Portugal: Chemical Engineering Journal.
- Schultz, T. (2006). Petroleum Refinery, Ethylene and Gas Plant Wastewater Treatment. *Wastewater Treatment Treatment Options & Key Design Issues* (pág. 94). Waukesha, USA: Siemens.
- Siemens. (20 de Febrero de 2021). *Siemens*. Obtenido de Siemens: <https://press.siemens.com/global/en/feature/siemens-successfully-commissions-zimpror-wet-air-oxidation-unit-olefins-plant>
- Simon, U. M. (s.f.). *MENU DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO A NIVEL COMUNITARIO Y DOMICILIARIO - Calidad del Agua en Sistemas de Abastecimiento en Cochabamba, Bolivia*.
- Snidermann, D. (2017). The chemistry and function of lubricant additives (La química y la función de los aditivos de lubricantes). *Conferencia de Webinars*, (págs. 18-28). Chicago.
- Sothis. (Abril de 2021). Obtenido de Sothis.tech: <https://www.sothis.tech/scada-que-es-y-que-permite-hacer/>
- Sundaravadivel, M., & Vigneswaran, S. (2001). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Sydney, Australia: CRC Press LLC.
- TCA, S. S. (s.f.). Obtenido de Sitio oficial de TCA Softwar Solutions: [https://www.tcass.com/pdf/Como\\_analizar\\_un\\_buen\\_analisis\\_Costo\\_Beneficio\\_Riesgo.pdf](https://www.tcass.com/pdf/Como_analizar_un_buen_analisis_Costo_Beneficio_Riesgo.pdf)
- Tejedor, A. S. (s.f.). *Escuela de Ingenierías Industriales*. Recuperado el Marzo de 2020, de <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>
- UNDAV, D. d. (2011). *Cuenca Matanza - Riachuelo: Atlas del Conurbano Bonaerense*. Obtenido de Programa de Estudios del Conurbano: <http://www.atlasconurbano.info/pagina.php?id=10>
- UNSAM, U. N. (2010). *Estudio de Impacto Ambiental Obra Artística del Bicentenario Vuelta de Obligado*. Buenos Aires.

William, B., Taboada, M. A., & Lavado, R. (s.f.). *Asociación entre comunidades vegetales y suelos en el pastizal de la Pampa Deprimida*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Yañez Wendorff, R., Whittembury Talledo, D., Burgos Quiñones, M., & Jesusi Poma, D. (s.f.). *Cómo se elabora una Línea de Base*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

## Anexo I

Difusor de burbuja fina   RG-300	
Rango de caudal:	2 a 8 Nm <sup>3</sup> /hora
Caudal de diseño:	5 Nm <sup>3</sup> /hora
Pérdida de carga:	20 mbar para 2 Nm <sup>3</sup> /hora 40 mbar para 5 Nm <sup>3</sup> /hora 70 mbar para 8 Nm <sup>3</sup> /hora
Densidad:	1 a 6 difusores/m <sup>2</sup>
SOTE:	15,4 gr. (5,5%) a 22,4 gr. (8%) por m <sup>3</sup> /h de aire y por m de profundidad.
Eficiencia de transferencia de O <sub>2</sub> :	2,5 — 6 Kg. O <sub>2</sub> /KWh

Figura A1.3. Especificaciones difusor de membrana de burbuja Fina Repicky RG-300.

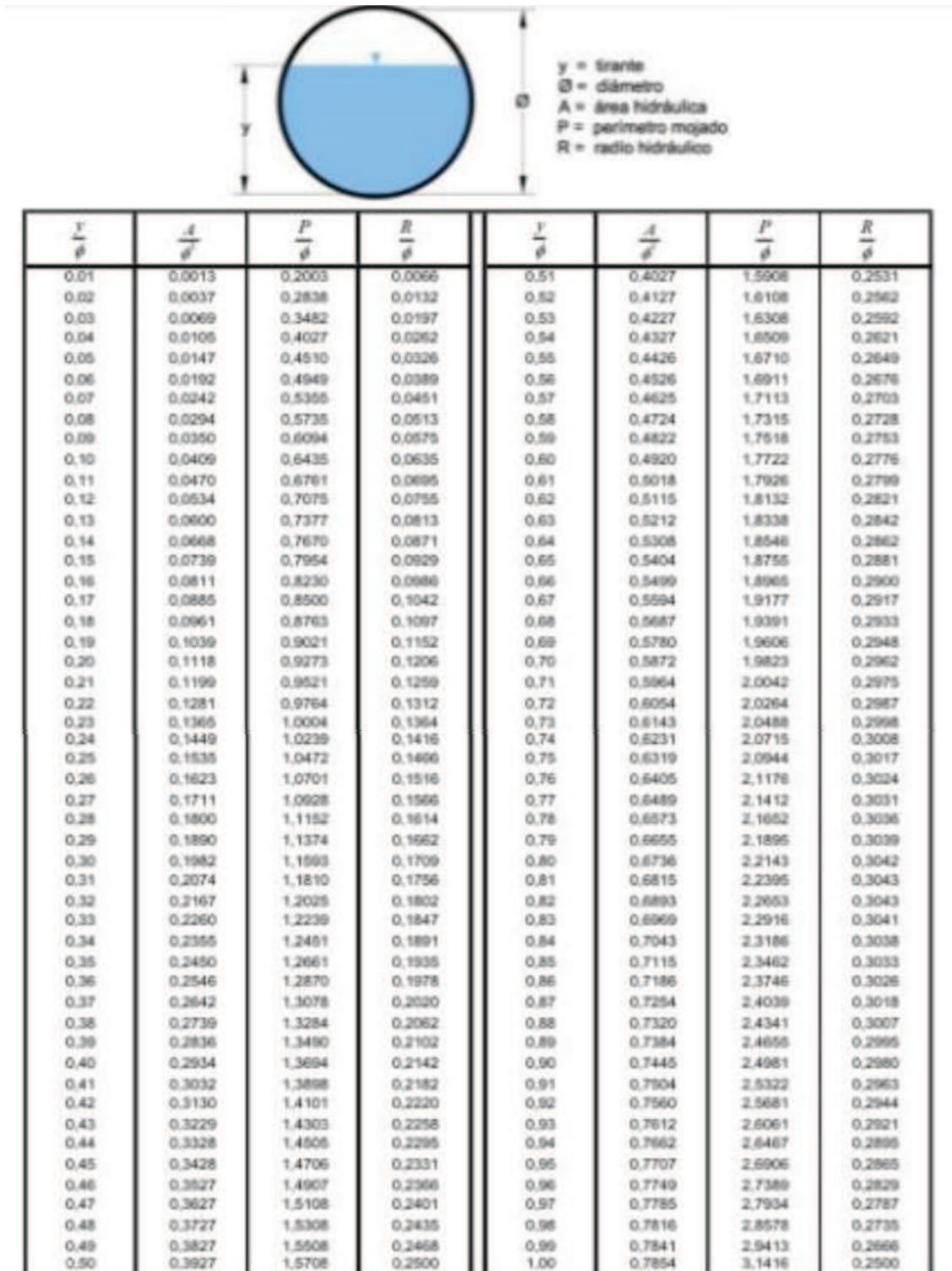


Figura A1.4. Relaciones geométricas para secciones circulares parcialmente llenas.

Tubería de presión de PVC												
Diámetro exterior	PN-2,5		PN-4		PN-6		PN-10		PN-16		PN-20	
D mm.	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m
16											1,3	0,75
20											1,9	1,03
25									1,9	1,33	2,3	1,22
32									2,4	1,99	2,9	1,94
40						1,70	1,9	1,59	3,0	2,26	3,7	2,95
50					1,8	1,96	2,4	2,36	3,7	3,45	4,6	4,57
63					2,0	3,00	3,0	3,63	4,7	5,57	5,8	6,73
75				3,06	2,3	3,65	3,6	5,18	5,6	7,82	6,8	9,50
90				3,68	2,8	4,99	4,3	7,35	6,7	11,01	8,2	13,05
110	4,79			5,51	2,7	5,94	4,2	8,98	6,6	13,50	8,1	16,09
125	5,51			7,04	3,1	7,70	4,8	11,44	7,4	17,25	9,2	22,41
140					3,5	9,67	5,4	14,39	8,3	21,32	10,3	28,06
160	8,46			11,46	4,0	12,55	6,2	18,86	9,5	27,65	11,8	36,60
180				14,67	4,4	15,65	6,9	23,45			13,3	
200	13,20			17,48	4,9	18,98	7,7	28,70	11,9	43,11	14,7	54,94
225					5,5	23,73					16,6	
250	18,39			26,88	6,2	30,07	9,6	44,78	14,8	66,79	18,4	89,02
315	26,82			42,87	7,7	46,68	12,1	70,57	18,7	105,97	23,2	141,28

Figura A1.5. Diámetros y clases de cañerías de PVC

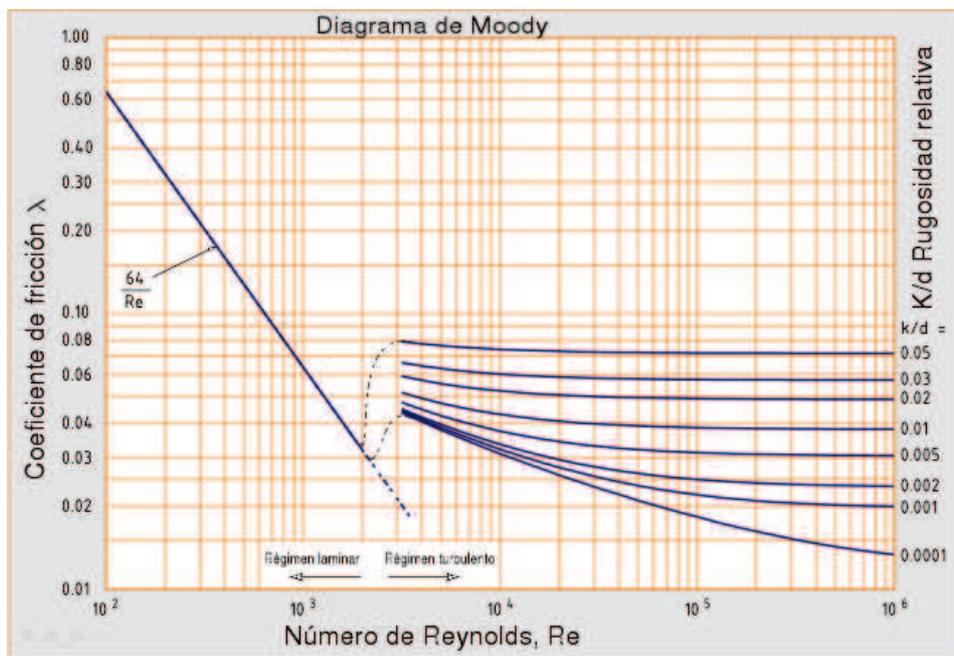


Figura A1.6. Diagrama de Moody.

Pieza, conexión o dispositivo	$K_f$
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfalfera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

Figura A1.7. Coeficientes "K" de accesorios de cañerías.

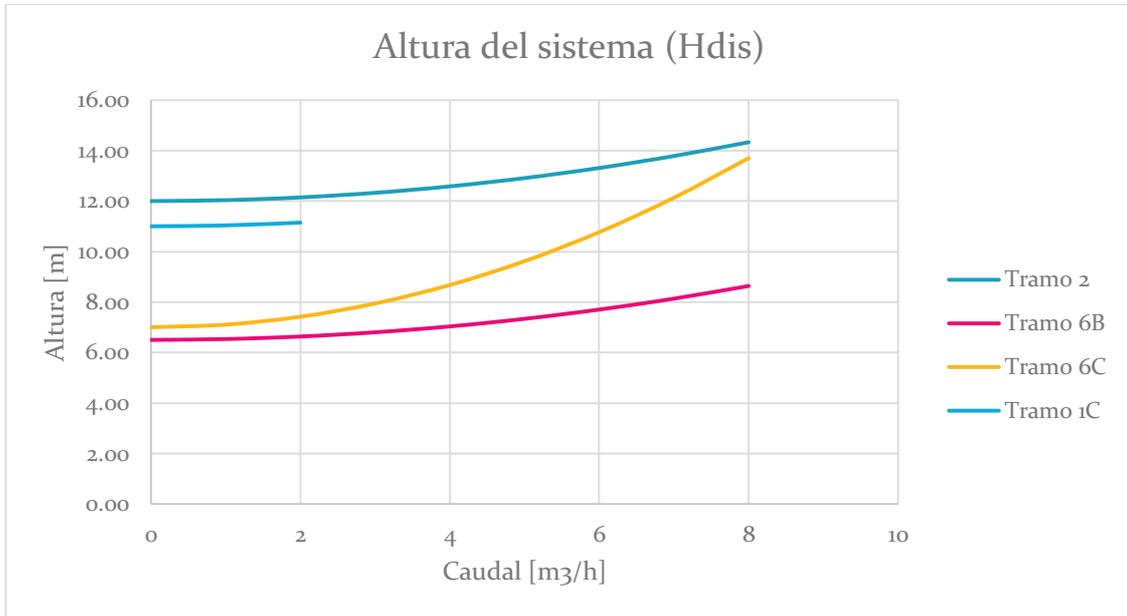


Figura A1.8. Altura dinámica de los tramos que transportan fluido a presión.

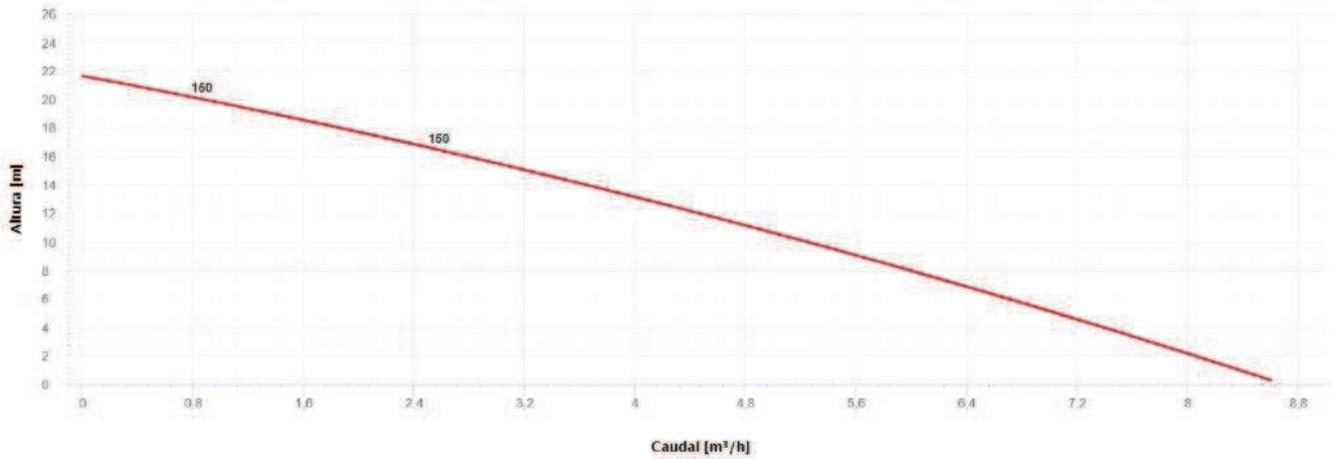


Figura A1.9. Altura desarrollada de la bomba marca Espa modelo Vigicor

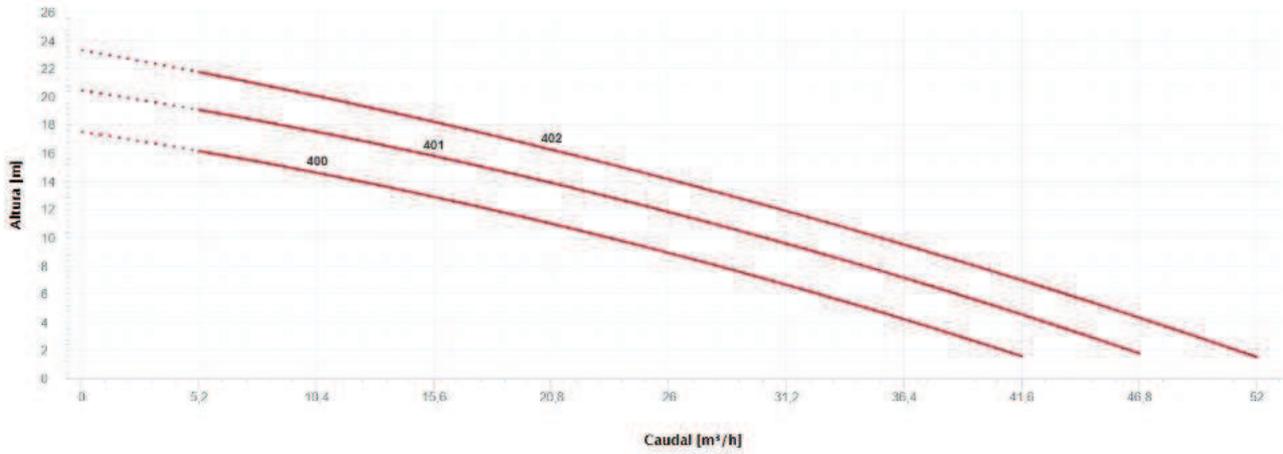


Figura A1.10. Altura desarrollada de la bomba Espa modelo Drainex 400.

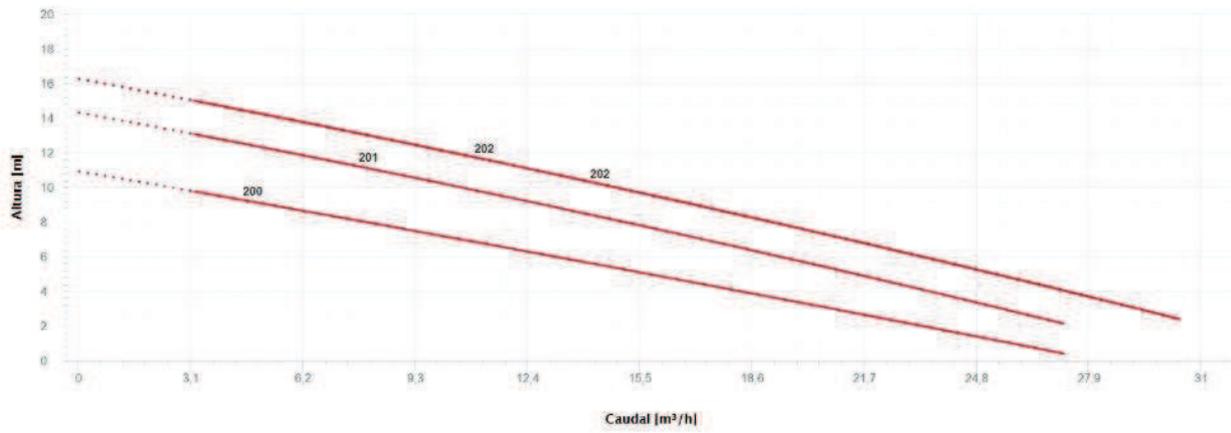


Figura A1.11. Altura desarrollada de la bomba marca Espa modelo Drainex 200.

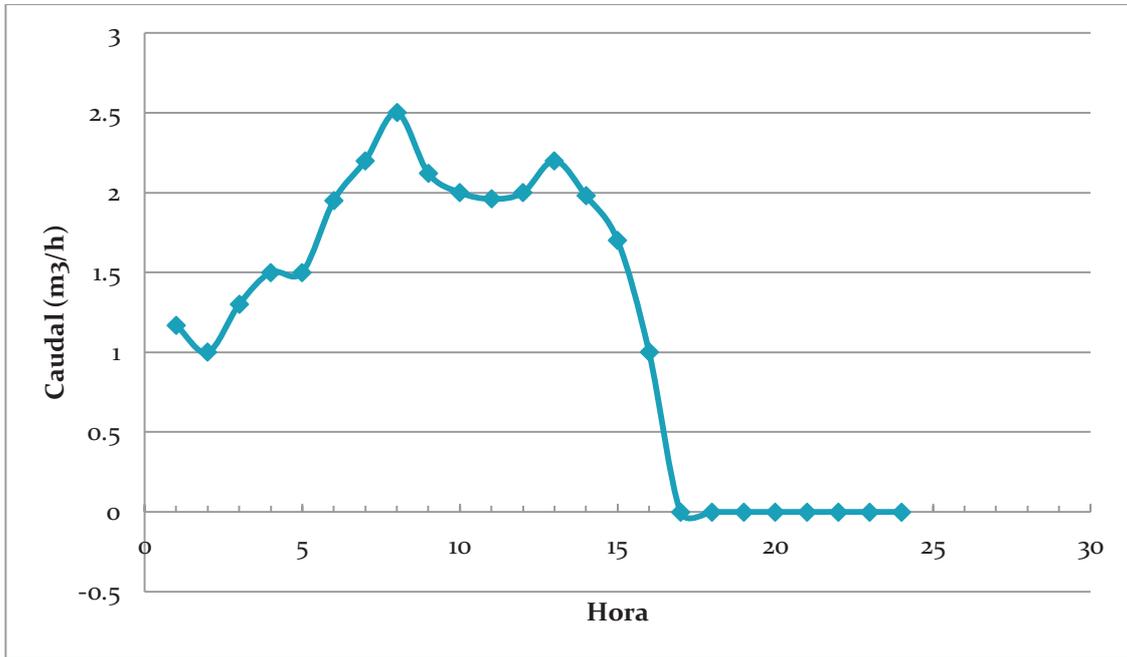


Figura A1.12. Variación del caudal de efluentes domiciliarios durante un día laboral

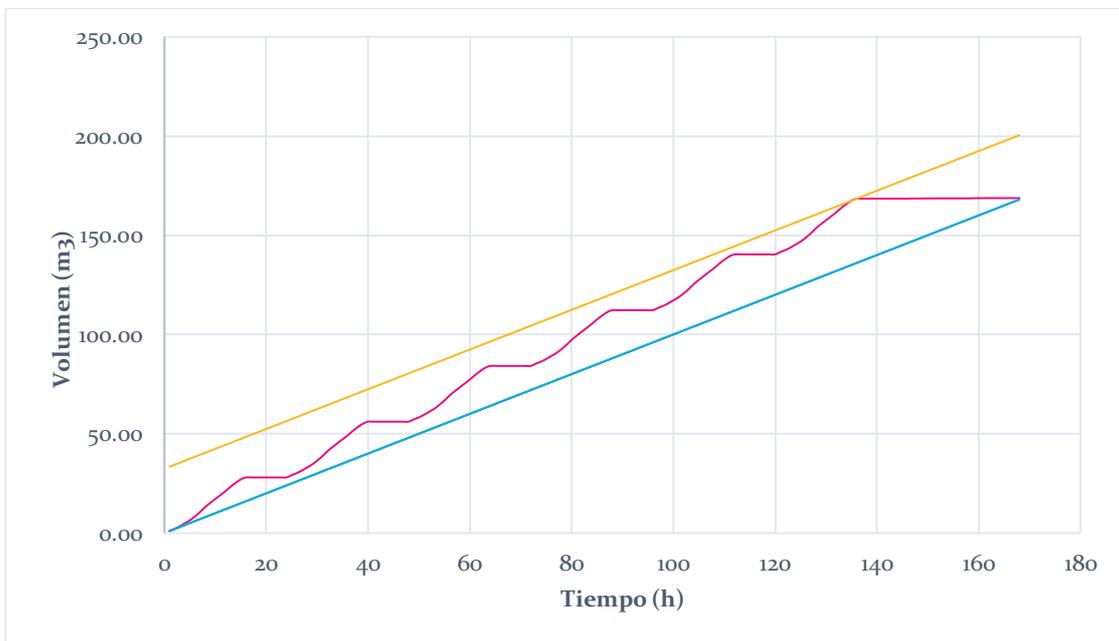


Figura A1.13. Volúmenes acumulados del efluente domiciliario.

**ANEXO I**

**Ramas Industriales cuyos efluentes no deben disponerse en pozos absorbentes**

<b>CODIGO</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>RAMA DE ACTIVIDAD</b>
08110	3	Blanqueo, teñido y/o apresto textil ( incluso prendas de vestir)
08201	2	Fabricación de fibras artificiales y sintéticas
08303	0	Preparación de fibras textiles vegetales excepto algodón
08420	2	Lavandería industrial
09106	1	Impregnación de madera
10001	3	Pasta química ( celulosa y alfacelulosa) pasta semi-química y pasta mecánica de madera
10101	2	Impresión de diarios y revistas
10104	2	Industrias anexas de las artes gráficas estereotipia, electropia, litografía, fotograbados y operaciones análogas.
10150	2	Imprenta y encuadernación.
11101	3	Saladeros y peladeros de cueros.
11103	4	Curtiembre, teñido, acabado y otras operaciones.
11201	4	Curtiembre, teñido y apresto de pieles
13101	4	Ácidos, bases y sales.
13106	2	Tanino y demás curtiebres de origen vegetal o sintético.
13108	2	Materia prima para la industria plástica.
13210	3	Fábrica de resinas sintéticas.
13301	4	Pintura, pigmentos, barnices, lacas, esmaltes y charoles.
13602	2	Tintas para imprentas.
13603	2	Tintas para escribir.
13606	2	Tintas, betunes, pastas y preparaciones similares para conservar cueros y maderas
13804	2	Jabones, detergentes, velas.
13902	3	Fungicidas, insecticidas, fluidos desinfectantes y raticidas.
13909	3	Productos químicos diversos, no clasificados en otra parte.
14101	4	Refinerías de petróleo.
14501	3	Productos del petróleo y del carbón no elaborado en destilería.
17001	1	Industrias básicas del hierro o acero
17005	1	Industrias básicas de metales no ferrosos.
17155	1	Fabricación de componentes, repuestos y accesorios para automotores (excepto motores).
17158	1	Construcción de motores o turbinas.
17170	1	Fabricación de heladeras, lavarropas, acondicionadores de aire y afines.
17178	1	Fabricación de armas y artillería.
17200	4	Proceso de galvanización, estañado, niquelado, cromado, plateado o metalización.
18101	2	Fabricación de acumuladores, pilas, baterías y carbones.
18104	2	Conductores eléctricos, aislados con esmalte, goma o plástico.
19301	2	Fabricación y armado de automotores.
20201	2	Elaboración de material fotosensible: películas, placas, telas y papeles-Industria cinematográfica.
20202	2	Revelado de materiales fotosensibles.
21035	2	Lavadero industrial de botellas.
<b>30031</b>	<b>4</b>	<b>Clinicas, Sanatorios, Centros de Salud, de Diálisis y/o Asistenciales.</b>

Figura A1.14. Anexo I Resolución Nº 336-03 ADA

## Anexo II

Tabla A2.1. Potencia requerida por cada equipo

Unidad	Potencia (hp)	KW	Uso mensual (h)	KWh mensuales
Soplador ecualizador	4	2,98	720	2148,48
Agitador coagulante	4,02	0,03	720	18,00
Agitador floculante	1	0,75	720	537,12
Soplador PACT	2	1,5	720	1080
Agitador espesador	1	0,75	720	537,12
Bomba ecualizador DRAINEX 400	3,5	2,61	720	1879,92
Bomba pozo bombeo VIGICOR	1,20	0,90	720	644,54
Bomba recirculación DRAINEX 200	1,1	0,82	720	590,83
Bomba lodos purga DRAINEX 200	1,1	0,82	15	12,31
Bomba recirc. DAF	1	0,75	720	537,12
Compresor DAF	0,201	0,15	720	107,96
Dosificador cal	0,4	0,30	720	214,85
Dosificador coagulante	0,4	0,30	720	214,85
Dosificador floculante	0,4	0,30	720	214,85
Dosificador cloro	0,4	0,30	720	214,85
Dosificador PCA	0,4	0,30	15	4,48
<b>TOTAL</b>		<b>12,41</b>		<b>8957,3</b>

Tabla A2.2. Cuadro Tarifario Edenor para Grandes Demandas

Tarifa 3 (Grandes Demandas)		Pot < a 300 kW	Pot = > a 300 kW	Pot = > a 300 kW Org. Pub. de Educ. y Salud
Concepto	Unidad	Valor	Valor	Valor
<b>• Baja Tensión</b>				
Cargo Fijo	S/mes	5.086,85	5.086,85	5.086,85
Cargo Potencia Contratada	S/kW-mes	536,30	536,30	536,30
Cargo Potencia Adquirida	S/kW-mes	75,88	75,88	75,88
Cargo Variable Pico	S/kWh	2,646	6,736	3,684
Cargo Variable Resto	S/kWh	2,537	6,457	3,536
Cargo Variable Valle	S/kWh	2,427	6,176	3,387
<b>• Media Tensión</b>				
Cargo Fijo	S/mes	5.863,59	5.863,59	5.863,59
Cargo Potencia Contratada	S/kW-mes	292,32	292,32	292,32
Cargo Potencia Adquirida	S/kW-mes	87,50	87,50	87,50
Cargo Variable Pico	S/kWh	2,515	6,402	3,501
Cargo Variable Resto	S/kWh	2,411	6,136	3,361
Cargo Variable Valle	S/kWh	2,307	5,869	3,219
<b>• Alta Tensión</b>				
Cargo Fijo	S/mes	7.615,05	7.615,05	7.615,05
Cargo Potencia Contratada	S/kW-mes	99,66	99,66	99,66
Cargo Potencia Adquirida	S/kW-mes	81,89	81,89	81,89
Cargo Variable Pico	S/kWh	2,412	6,139	3,357
Cargo Variable Resto	S/kWh	2,312	5,884	3,223
Cargo Variable Valle	S/kWh	2,212	5,628	3,087

Tabla A2.3. Presupuesto de inversión para la alternativa de Tren de Lagunaje.

NRO.		DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS	UN. ME.	CANT.	COSTO UNITARIO	IMPORTE ÍTEM	IMPORTE RUBRO
RUB.	ITEM						
<b>1</b>		<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>57.261,56</b>
	1.01	Limpieza terreno / obra (inicio y final)	m2	200,00	113,91	22.782,56	
	1.02	Nivelación del terreno y replanteo de obra	m2	200,00	172,40	34.479,01	
<b>2</b>		<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>					<b>231.968,38</b>
	2.01	Excavación conducciones y zanjas de cimentación	m3	3,00	1.442,80	4.328,40	
	2.02	Excavación sótanos profundidad un nivel (a máquina)	m3	400,00	569,10	227.639,98	
<b>3</b>		<b>ESTRUCTURAS H° A°</b>					<b>529.113,92</b>
	3.01	Cimentación del terreno	m3	8,00	23.089,24	184.713,92	
	3.02	Estructuras de las unidades	m3	20,00	9.300,00	186.000,00	
<b>4</b>		<b>ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>					<b>196.245,00</b>
	4.01	Chapa semilla melon (Andamio)	m2	36,00	4.400,00	158.400,00	
	4.02	Vigas de hierro fundido (Andamio)	m	21,75	1.740,00	37.845,00	
<b>5</b>		<b>MAMPOSTERIAS</b>					<b>94.945,53</b>
	5.01	Ladrillos comunes a la vista	m3	5,00	18.989,11	94.945,53	
	5.02	Horizontal en muros	m2	24,00	750,26	18.006,24	
	5.03	Chapas H°G°N°25/Translúc.p/Galpones	m2	9,00	2.368,53	21.316,79	
	5.04	Revoque Exterior a la cal común completo	m2	104,00	1.162,18	120.866,83	
	5.05	Revoque Interior completo con enlucido yeso	m2	24,00	1.036,66	24.879,95	
<b>6</b>		<b>CIMENTACIÓN DEL TERRENO</b>					<b>66.842,19</b>
	6.01	H° Cascotes e=08 cm	m2	80,00	835,53	66.842,19	
<b>7</b>		<b>CARPINTERÍAS</b>					<b>224.531,56</b>
	7.01	Carpintería de Aluminio Vidriada (Ventanas)	m2	1,60	12.222,27	19.555,63	
	7.02	Carpintería de Aluminio (Puertas)	m2	2,00	34.445,23	68.890,46	
	7.03	Carpintería de Hierro (Escaleras)	m2	10,00	13.286,44	132.864,35	
	7.04	Carpintería de Hierro; Rejas	m2	0,42	7.669,33	3.221,12	
<b>8</b>		<b>PINTURAS</b>					<b>26.198,28</b>
	8.01	Latex p/exteriores	m2	24,00	604,05	14.497,29	
	8.02	Latex p/interiores	m2	24,00	487,54	11.700,99	
<b>9</b>		<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>					<b>4.250.000,00</b>
	9.01	Tendido eléctrico e iluminación	gl	1,00	250.000,00	250.000,00	
	9.02	Tablero de control, Sistema Scada, programación PLC	u	1,00	4.000.000,00	4.000.000,00	
<b>10</b>		<b>SISTEMA DE BOMBEO, CONDUCCIÓN y DOSIFICACIÓN</b>					<b>951.860,00</b>
	10.01	Cañería DN 40 Clase 10	m	6,00	157,50	945,00	
	10.02	Cañería DN 110 Clase 4	m	18,00	325,00	5.850,00	
	10.03	Cañería DN 25 clase 10	m	12,00	103,50	1.242,00	
	10.04	Cañería DN 50 Clase 6	m	36,00	200,00	7.200,00	
	10.05	Codo 90° DN 25	u	2,00	52,00	104,00	
	10.06	Codo 90° DN 50	u	6,00	89,00	534,00	
	10.07	Codo 90° DN 110	u	12,00	359,00	4.308,00	
	10.08	Codo 45° DN 110	u	2,00	259,00	518,00	
	10.09	Tee DN 50	u	1,00	159,00	159,00	
	10.10	Válvula antirretorno DN 50	u	4,00	5.000,00	20.000,00	
	10.11	Válvula de compuerta DN 50	u	2,00	4.500,00	9.000,00	

Anexo | Proyecto Final Integrador | M. Carcavallo

10.12	Bomba Espa Vigicor	u	1,00	50.000,00	50.000,00		
10.13	Bomba Espa Drain 100	u	1,00	45.000,00	45.000,00		
10.14	Bomba Espa Drainex 400	u	1,00	105.000,00	105.000,00		
10.15	Bomba Espa Drainex 200	u	2,00	77.000,00	154.000,00		
10.16	Dosificador y medidor de pH	u	1,00	100.000,00	100.000,00		
10.17	Bomba dosificadora (Coagulante, floculante, cloro)	u	3,00	16.000,00	48.000,00		
10.18	Dosificador de polvo PCA	u	1,00	350.000,00	350.000,00		
10.19	Accesorios varios	u	1,00	50.000,00	50.000,00		
<b>11</b>	<b>EQUIPAMIENTO</b>						<b>22.247.800,00</b>
	11.01 Separador API						
11.01.01	Cadenas barrelados, piñones y paletas	m	80,00	500,00	40.000,00		
	11.02 Ecuallizador						
11.02.01	Soplador Repicky 12,4 HP	U	2,00	300.000,00	600.000,00		
11.02.02	Difusores	u	60,00	4.000,00	240.000,00		
	11.03 Cámara coagulación y floculación						
11.03.01	Tanque PVC 4000 litros	u	1,00	70.000,00	70.000,00		
11.03.02	Agitador	u	2,00	20.000,00	40.000,00		
11.03.03	Motorreductor	u	2,00	50.000,00	100.000,00		
11.03.04	Tambos plástico almacenamiento 200L	u	2,00	2.400,00	4.800,00		
	11.04 DAF						
11.04.01	Cámara presurizadora hidroneumática 80 L	u	1,00	41.500,00	41.500,00		
11.04.02	Compresor de aire portátil Klatter YF623	u	1,00	1.400,00	1.400,00		
	11.05 Lagunas						
11.05.01	Polietileno alta densidad 1.5 mm	m2	10000,00	630,00	6.300.000,00		
11.05.02	Geotextil no tejido	m2	10000,00	220,00	2.200.000,00		
11.05.03	Soldadura química	m2	10000,00	72,00	720.000,00		
11.05.04	Aireadores superficiales	u	12,00	500000	6000000		
	11.09 Filtro de arena						
11.09.01	Arena fina	m3	72,00	3.700,00	266.400,00		
11.09.02	Grava fina/media/gruesa	kg	75,00	32,00	2.400,00		
11.09.03	Ladrillos comunes	m3	220,00	25.000,00	5.500.000,00		
	11.11 CTMYMC						
11.11.01	Carpintería acero inoxidable: Vertedero	u	1,00	1.300,00	1.300,00		
	11.12 Medición de caudal						
11.12.01	Caudalímetro	u	3,00	40.000,00	120.000,00		
<b>12</b>	<b>HONORARIOS</b>						<b>700.000,00</b>
12.01	Formulación y gestión del proyecto	gl	1,00	500.000,00	500.000,00		
12.02	Estudio de Impacto Ambiental	gl	1,00	200.000,00	200.000,00		
<b>TOTAL COSTO NETO</b>				<b>\$</b>		<b>29.576.766,43</b>	
<b>TOTAL PRECIO ESTIMADO</b>			<b>Coef.</b>	<b>1,300</b>		<b>38.449.796,36</b>	

Tabla A2.4. Presupuesto de la alternativa de Lecho Percolador + Lodos Activos.

NRO.		DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS	UN. ME.	CANT.	COSTO UNITARIO	IMPORTE ÍTEM	IMPORTE RUBRO
RUB.	ITEM						
<b>1</b>		<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>57.261,56</b>
	1.01	Limpieza terreno / obra (inicio y final)	m2	200,00	113,91	22.782,56	
	1.02	Nivelación del terreno y replanteo de obra	m2	200,00	172,40	34.479,01	
<b>2</b>		<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>					<b>231.968,38</b>
	2.01	Excavación conducciones y zanjas de cimentación	m3	3,00	1.442,80	4.328,40	
	2.02	Excavación sótanos profundidad un nivel (a máquina)	m3	400,00	569,10	227.639,98	
<b>3</b>		<b>ESTRUCTURAS H° A°</b>					<b>529.113,92</b>
	3.01	Cimentación del terreno	m3	8,00	23.089,24	184.713,92	
	3.02	Estructuras de las unidades	m3	20,00	9.300,00	186.000,00	
<b>4</b>		<b>ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>					<b>196.245,00</b>
	4.01	Chapa semilla melon (Andamio)	m2	36,00	4.400,00	158.400,00	
	4.02	Vigas de hierro fundido (Andamio)	m	21,75	1.740,00	37.845,00	
<b>5</b>		<b>MAMPOSTERIAS</b>					<b>94.945,53</b>
	5.01	Ladrillos comunes a la vista	m3	5,00	18.989,11	94.945,53	
	5.02	Horizontal en muros	m2	24,00	750,26	18.006,24	
	5.03	Chapas H°G°N°25/Translúc.p/Galpones	m2	9,00	2.368,53	21.316,79	
	5.04	Revoque Exterior a la cal común completo	m2	104,00	1.162,18	120.866,83	
	5.05	Revoque Interior completo con enlucido yeso	m2	24,00	1.036,66	24.879,95	
<b>6</b>		<b>CIMENTACIÓN DEL TERRENO</b>					<b>66.842,19</b>
	6.01	H° Cascotes e=08 cm	m2	80,00	835,53	66.842,19	
<b>7</b>		<b>CARPINTERÍAS</b>					<b>224.531,56</b>
	7.01	Carpintería de Aluminio Vidriada (Ventanas)	m2	1,60	12.222,27	19.555,63	
	7.02	Carpintería de Aluminio (Puertas)	m2	2,00	34.445,23	68.890,46	
	7.03	Carpintería de Hierro (Escaleras)	m2	10,00	13.286,44	132.864,35	
	7.04	Carpintería de Hierro; Rejas	m2	0,42	7.669,33	3.221,12	
<b>8</b>		<b>PINTURAS</b>					<b>26.198,28</b>
	8.01	Latex p/exteriores	m2	24,00	604,05	14.497,29	
	8.02	Latex p/interiores	m2	24,00	487,54	11.700,99	
<b>9</b>		<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>					<b>4.250.000,00</b>
	9.01	Tendido eléctrico e iluminación	gl	1,00	250.000,00	250.000,00	
	9.02	Tablero de control, Sistema Scada, programación PLC	u	1,00	4.000.000,00	4.000.000,00	
<b>10</b>		<b>SISTEMA DE BOMBEO, CONDUCCIÓN y DOSIFICACIÓN</b>					<b>951.860,00</b>
	10.01	Cañería DN 40 Clase 10	m	6,00	157,50	945,00	
	10.02	Cañería DN 110 Clase 4	m	18,00	325,00	5.850,00	
	10.03	Cañería DN 25 clase 10	m	12,00	103,50	1.242,00	
	10.04	Cañería DN 50 Clase 6	m	36,00	200,00	7.200,00	
	10.05	Codo 90° DN 25	u	2,00	52,00	104,00	
	10.06	Codo 90° DN 50	u	6,00	89,00	534,00	
	10.07	Codo 90° DN 110	u	12,00	359,00	4.308,00	
	10.08	Codo 45° DN 110	u	2,00	259,00	518,00	
	10.09	Tee DN 50	u	1,00	159,00	159,00	
	10.10	Válvula antirretorno DN 50	u	4,00	5.000,00	20.000,00	
	10.11	Válvula de compuerta DN 50	u	2,00	4.500,00	9.000,00	

Anexo | Proyecto Final Integrador | M. Carcavallo

10.12	Bomba Espa Vigicor	u	1,00	50.000,00	50.000,00		
10.13	Bomba Espa Drain 100	u	1,00	45.000,00	45.000,00		
10.14	Bomba Espa Drainex 400	u	1,00	105.000,00	105.000,00		
10.15	Bomba Espa Drainex 200	u	2,00	77.000,00	154.000,00		
10.16	Dosificador y medidor de pH	u	1,00	100.000,00	100.000,00		
10.17	Bomba dosificadora (Coagulante, floculante, cloro)	u	3,00	16.000,00	48.000,00		
10.18	Dosificador de polvo PCA	u	1,00	350.000,00	350.000,00		
10.19	Accesorios varios	u	1,00	50.000,00	50.000,00		
<b>11</b>	<b>EQUIPAMIENTO</b>						<b>16.744.200,00</b>
	11.01 Separador API						
11.01.01	Cadenas barrelados, piñones y paletas	m	80,00	500,00	40.000,00		
	11.02 Ecuador						
11.02.01	Soplador Repicky 12,4 HP	U	2,00	300.000,00	600.000,00		
11.02.02	Difusores	u	60,00	4.000,00	240.000,00		
	11.03 Cámara coagulación y floculación						
11.03.01	Tanque PVC 4000 litros	u	1,00	70.000,00	70.000,00		
11.03.02	Agitador	u	2,00	20.000,00	40.000,00		
11.03.03	Motorreductor	u	2,00	50.000,00	100.000,00		
11.03.04	Tambos plástico almacenamiento 200L	u	2,00	2.400,00	4.800,00		
	11.04 DAF						
11.04.01	Cámara presurizadora hidroneumática 80 L	u	1,00	41.500,00	41.500,00		
11.04.02	Compresor de aire portátil Klatter YF623	u	1,00	1.400,00	1.400,00		
	11.05 Tanque Lodos Activos						
11.05.01	Soplador Repicky 0,5 HP	u	2,00	250.000,00	500.000,00		
11.05.02	Difusores	u	25,00	4.000,00	100.000,00		
	11.08 Lecho Percolador						
11.08.01	Sistema de apoyo	u	1,00	2.000.000,00	2.000.000,00		
11.08.02	Sistema de distribución	u	1,00	3.000.000,00	3.000.000,00		
11.08.03	Relleno Lecho PVC	m3	50,00	80.000,00	4.000.000,00		
	11.07 Sedimentador						
11.07.01	Carpintería acero inoxidable: Vertederos	m	10,00	2.600,00	26.000,00		
11.07.02	Carpintería acero inoxidable: Baffle zona de entrada	m	4,00	2.600,00	10.400,00		
	11.08 Espesador de lodos						
11.08.01	Motor + motorreductor	u	1,00	60.000,00	60.000,00		
11.08.02	Barredor / Agitador	u	1,00	20.000,00	20.000,00		
	11.09 Filtro de arena						
11.09.01	Arena fina	m3	72,00	3.700,00	266.400,00		
11.09.02	Grava fina/media/gruesa	kg	75,00	32,00	2.400,00		
11.09.03	Ladrillos comunes	m3	220,00	25.000,00	5.500.000,00		
	11.11 CTMYMC						
11.11.01	Carpintería acero inoxidable: Vertedero	u	1,00	1.300,00	1.300,00		
	11.12 Medición de caudal						
11.12.01	Caudalímetro	u	3,00	40.000,00	120.000,00		
<b>12</b>	<b>HONORARIOS</b>						<b>700.000,00</b>
12.01	Formulación y gestión del proyecto	gl	1,00	500.000,00	500.000,00		
12.02	Estudio de Impacto Ambiental	gl	1,00	200.000,00	200.000,00		
<b>TOTAL COSTO NETO</b>			<b>\$</b>			<b>24.073.166,43</b>	

<b>TOTAL PRECIO ESTIMADO</b>	<b>Coef.</b>	<b>1,300</b>	<b>31.295.116,36</b>
------------------------------	--------------	--------------	----------------------

Tabla A2.5 Costos operativos de las tres alternativas.

Alternativa 2: PACT					Alternativa 1: LP + LA					Alternativa 3: LAGUNAS				
RRHH					RRHH					RRHH				
	Salario Unitario	Frecuencia	Mensual	Anual		Salario Unitario	Frecuencia	Mensual	Anual		Salario Unitario	Frecuencia	Mensual	Anual
Jefe	\$ 130.000,00	mensual	\$ 130.000,00	\$ 1.560.000,00	Jefe	\$ 130.000,00	mensual	\$ 130.000,00	\$ 1.560.000,00	Jefe	\$ 130.000,00	mensual	\$ 130.000,00	\$ 1.560.000,00
Operadores (2)	\$ 90.000,00	mensual	\$ 180.000,00	\$ 2.160.000,00	Operadores (2)	\$ 90.000,00	mensual	\$ 180.000,00	\$ 2.160.000,00	Operadores (2)	\$ 90.000,00	mensual	\$ 180.000,00	\$ 2.160.000,00
Químico	\$ 30.000,00	mensual	\$ 30.000,00	\$ 360.000,00	Químico	\$ 30.000,00	mensual	\$ 30.000,00	\$ 360.000,00	Químico	\$ 30.000,00	mensual	\$ 30.000,00	\$ 360.000,00
Mantenimiento Preventivo	\$ 45.000,00	Anual	\$ 3.750,00	\$ 45.000,00	Mantenimiento Preventivo	\$ 45.000,00	Anual	\$ 3.750,00	\$ 45.000,00	Mantenimiento Preventivo	\$ 45.000,00	Anual	\$ 3.750,00	\$ 45.000,00
Mantenimiento general	\$ 50.000,00	trimestral	\$ 16.666,67	\$ 200.000,00	Mantenimiento general	\$ 50.000,00	trimestral	\$ 16.666,67	\$ 200.000,00	Mantenimiento general	\$ 50.000,00	trimestral	\$ 16.666,67	\$ 200.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 360.416,67</b>	<b>\$ 4.325.000,00</b>	<b>TOTAL</b>			<b>\$ 360.416,67</b>	<b>\$ 4.325.000,00</b>	<b>TOTAL</b>			<b>\$ 360.416,67</b>	<b>\$ 4.325.000,00</b>
ELECTRICIDAD					ELECTRICIDAD					ELECTRICIDAD				
PTELI	Potencia utilizada		(\$/KWh)		PTELI	Potencia utilizada		(\$/KWh)		PTELI	Potencia utilizada		(\$/KWh)	
Cargo Potencia Adquirida	12,41 KW		\$ 87,50	\$ 1.085,88	Cargo Potencia Adquirida	12,41 KW		\$ 87,50	\$ 1.085,88	Cargo Potencia Adquirida	13,77 KW		\$ 87,50	\$ 1.204,88
Cargo Variable Pico	1489 KWh		\$ 2,52	\$ 3.744,84	Cargo Variable Pico	1489 KWh		\$ 2,52	\$ 3.744,84	Cargo Variable Pico	2333,04 KWh		\$ 2,52	\$ 5.887,60
Cargo Variable Resto	4840 KWh		\$ 2,41	\$ 11.669,24	Cargo Variable Resto	4840 KWh		\$ 2,41	\$ 11.669,24	Cargo Variable Resto	4082,82 KWh		\$ 2,41	\$ 9.843,68
Cargo Variable Valle	2606 KWh		\$ 2,31	\$ 6.019,86	Cargo Variable Valle	2606 KWh		\$ 2,31	\$ 6.019,86	Cargo Variable Valle	7582,38 KWh		\$ 2,31	\$ 17.515,30
<b>TOTAL MENSUAL</b>				<b>\$ 22.519,81</b>	<b>TOTAL MENSUAL</b>				<b>\$ 22.519,81</b>	<b>TOTAL MENSUAL</b>				<b>\$ 34.431,45</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>				<b>\$ 270.237,72</b>	<b>TOTAL ANUAL</b>				<b>\$ 270.237,72</b>	<b>TOTAL ANUAL</b>				<b>\$ 413.177,37</b>
INSUMOS					INSUMOS					INSUMOS				
	Costo Unitario (\$/kg)	Cantidad (mg/m3)	m3 tratados/año	Costo final		Costo Unitario (\$/kg)	Cantidad (mg/m3)	m3 tratados/año	Costo final		Costo Unitario (\$/kg)	Cantidad (mg/m3)	m3 tratados/año	Costo final
PCA	725	1000	70080	\$ 50.808,00	PAX-18	\$ 152,00	24000	61320	\$ 223.695,36	PAX-18	\$ 152,00	24000	61320	\$ 223.695,36
PAX-18	152	24000	61320	\$ 223.695,36	NALCO	\$ 250,00	4200	61320	\$ 64.386,00	NALCO	\$ 250,00	4200	61320	\$ 64.386,00
NALCO	250	4200	61320	\$ 64.386,00	Hipoclorito sodio	\$ 35,00	50000	70080	\$ 122.640,00	Hipoclorito sodio	\$ 35,00	50000	70080	\$ 122.640,00
Hipoclorito sodio	35	50000	70080	\$ 122.640,00	NAOH	\$ 600,00	2000	61320	\$ 73.584,00	NAOH	\$ 600,00	2000	61320	\$ 73.584,00
NAOH	600	2000	61320	\$ 73.584,00	<b>TOTAL ANUAL</b>				<b>\$ 484.305,36</b>	<b>TOTAL ANUAL</b>				<b>\$ 484.305,36</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>				<b>\$ 535.113,36</b>	<b>GRAND TOTAL</b>				<b>\$ 8.473.751,08</b>	<b>GRAND TOTAL</b>				<b>\$ 8.616.690,73</b>
<b>GRAND TOTAL</b>				<b>\$ 8.539.159,08</b>	<b>GRAND TOTAL</b>				<b>\$ 8.473.751,08</b>	<b>GRAND TOTAL</b>				<b>\$ 8.616.690,73</b>
\$/m3				<b>\$ 121,85</b>	\$/m3				<b>\$ 120,92</b>	\$/m3				<b>\$ 122,96</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 535.113,36</b>	<b>TOTAL</b>				<b>\$ 484.305,36</b>	<b>TOTAL</b>				<b>\$ 122,96</b>
<b>GRAND TOTAL</b>				<b>\$ 8.539.159,08</b>	<b>GRAND TOTAL</b>				<b>\$ 8.473.751,08</b>	<b>GRAND TOTAL</b>				<b>\$ 8.616.690,73</b>
Costo/m3				<b>\$ 121,85</b>	Costo/m3				<b>\$ 120,92</b>	Costo/m3				<b>\$ 122,96</b>

Tabla A2.6 Cálculo generación y costo de transporte y tratamiento de regeneración de los lodos biológicos del reactor PACT.

Lodos Biológicos	Generación diaria (Caudal de purga) (m <sup>3</sup> /d)	Espesamiento (%)	Densidad (kg/l)	Generación diaria (kg/d)	Costo Unitario (\$/Kg)	Costo Total Anual (\$)
<b>PACT</b>	1,74	60	1000	696,00	10	\$2.540.400

Tabla A2.7. Cálculo generación y costo de transporte y disposición final de las cenizas resultantes del proceso de regeneración.

Cenizas	Generación (kg ceniza/kg lodo)	Generación Anual Ceniza (kg/año)	Costo Unitario disposición (\$/Kg)	Costo Total Anual (\$)
<b>Proceso WAR</b>	0,01	2540	10	\$25.404,00

Tabla A2.8. Generación y costos de transporte, recuperación y disposición final de los lodos químicos.

LODOS QUIMICOS	Concentración Influyente (mg/l)	% Remocion	Concentracion de lodos (mg/l)	Caudal tratado diario (l)	Lodos diarios a tratar (kg)	Costo Unitario (\$/Kg)	Costo Total diario (\$)	Costo Total anual (\$)
API - Lodos flotantes	3000	0,65	1950	192000	374,4	10	\$ 3.744,00	\$ 1.366.560,00
API - Lodos decantados	200	0,5	100	192000	19,2	10	\$ 192,00	\$ 70.080,00
DAF - Lodos flotantes	1050	0,6	630	192000	120,96	10	\$ 1.209,60	\$ 441.504,00
DAF - Lodos decantados	100	0,8	80	192000	15,36	10	\$ 153,60	\$ 56.064,00
<b>TOTAL</b>							\$ 5.299,20	\$ 1.934.208,00

\*Los lodos flotantes se corresponden con las concentraciones de SSEE y los lodos sedimentables con las concentraciones de SST removidas durante cada proceso.

Tabla A2.9 Comparativa de costos acumulados de la gestión de efluentes con y sin la instalación de la PTELI. Para el cálculo, se tuvo en cuenta un incremento gradual del efluente generado de 1,2% anual (sumando un total del 30% en 25 años). Se asumió un costo de transporte, tratamiento y disposición tercerizada de de \$10.000/Tonelada de efluente y se consideró el costo de \$137,4/ m<sup>3</sup> de efluente tratado correspondiente al costo operativo de la alternativa 2.

Año	m <sup>3</sup> h	m <sup>3</sup> año	Tn/año	Sin PTELI			Con PTELI				% Ahorro
				\$/Tn	\$Millones/Año	\$Millones Acumulados	Adquisición (\$Millones)	Tratamiento (\$/m <sup>3</sup> )	\$Millones/año	\$Millones Acumulado	
1	6,0	52451,84	52451,84	10000	\$ 524,52	\$ 524,52	\$ 19,60	137,4	\$ 7,21	\$ 26,81	94,89%
2	6,1	53088,91	53088,91	10000	\$ 530,89	\$ 1.055,41		137,4	\$ 7,29	\$ 34,10	96,77%
3	6,1	53733,72	53733,72	10000	\$ 537,34	\$ 1.592,74		137,4	\$ 7,38	\$ 41,48	97,40%
4	6,2	54386,35	54386,35	10000	\$ 543,86	\$ 2.136,61		137,4	\$ 7,47	\$ 48,96	97,71%
5	6,3	55046,92	55046,92	10000	\$ 550,47	\$ 2.687,08		137,4	\$ 7,56	\$ 56,52	97,90%
6	6,4	55715,50	55715,50	10000	\$ 557,16	\$ 3.244,23		137,4	\$ 7,66	\$ 64,17	98,02%
7	6,4	56392,21	56392,21	10000	\$ 563,92	\$ 3.808,15		137,4	\$ 7,75	\$ 71,92	98,11%
8	6,5	57077,13	57077,13	10000	\$ 570,77	\$ 4.378,93		137,4	\$ 7,84	\$ 79,76	98,18%
9	6,6	57770,38	57770,38	10000	\$ 577,70	\$ 4.956,63		137,4	\$ 7,94	\$ 87,70	98,23%
10	6,7	58472,04	58472,04	10000	\$ 584,72	\$ 5.541,35		137,4	\$ 8,03	\$ 95,74	98,27%
11	6,8	59182,23	59182,23	10000	\$ 591,82	\$ 6.133,17		137,4	\$ 8,13	\$ 103,87	98,31%
12	6,8	59901,04	59901,04	10000	\$ 599,01	\$ 6.732,18		137,4	\$ 8,23	\$ 112,10	98,33%
13	6,9	60628,58	60628,58	10000	\$ 606,29	\$ 7.338,47		137,4	\$ 8,33	\$ 120,43	98,36%
14	7,0	61364,96	61364,96	10000	\$ 613,65	\$ 7.952,12		137,4	\$ 8,43	\$ 128,86	98,38%
15	7,1	62110,29	62110,29	10000	\$ 621,10	\$ 8.573,22		137,4	\$ 8,53	\$ 137,39	98,40%
16	7,2	62864,66	62864,66	10000	\$ 628,65	\$ 9.201,87		137,4	\$ 8,64	\$ 146,03	98,41%
17	7,3	63628,20	63628,20	10000	\$ 636,28	\$ 9.838,15		137,4	\$ 8,74	\$ 154,77	98,43%
18	7,4	64401,01	64401,01	10000	\$ 644,01	\$ 10.482,16		137,4	\$ 8,85	\$ 163,62	98,44%
19	7,4	65183,21	65183,21	10000	\$ 651,83	\$ 11.133,99		137,4	\$ 8,96	\$ 172,58	98,45%
20	7,5	65974,91	65974,91	10000	\$ 659,75	\$ 11.793,74		137,4	\$ 9,06	\$ 181,64	98,46%
21	7,6	66776,23	66776,23	10000	\$ 667,76	\$ 12.461,50		137,4	\$ 9,18	\$ 190,82	98,47%
22	7,7	67587,27	67587,27	10000	\$ 675,87	\$ 13.137,38		137,4	\$ 9,29	\$ 200,11	98,48%
23	7,8	68408,17	68408,17	10000	\$ 684,08	\$ 13.821,46		137,4	\$ 9,40	\$ 209,51	98,48%
24	7,9	69239,04	69239,04	10000	\$ 692,39	\$ 14.513,85		137,4	\$ 9,51	\$ 219,02	98,49%
25	8,0	70080,00	70080,00	10000	\$ 700,80	\$ 15.214,65		137,4	\$ 9,63	\$ 228,65	98,50%

# ANEXO III

Tabla A3.1. Parámetros monitoreados en toda la CMR durante la campaña 2021.

Tabla 1: Parámetros medidos in-situ, por estación.

Estación de Monitoreo	N°	Subcuenca	INA CEC 9 AFOROS 2020-2021	INA 2021- CAMP1_feb21	Fecha-Hora (Inicio)	Temperatura de Agua (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Oxígeno Disuelto (% Sat)	pH (UpH)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Turbidez (UNT)	Potencial Redox (mV)
TribRod2- 42	42	Rodriguez		X	11/03/2021 09:20	21,94	0,0	0,0	8,31	2649	143,0	-180,4
TribRod3- 49	49	Rodriguez		X	11/03/2021 10:20	22,47	0,7	7,9	7,87	2029	12,0	-76,2
ArroRod- 38	38	Rodriguez	X	X	11/03/2021 10:00	24,18	4,0	48,5	8,25	2039	86,1	-57,2
ArroRod1- 68	68	Rodriguez	X	X	11/03/2021 13:00	24,67	3,5	42,1	8,17	1811	22,7	-41,4
ArroCeb1- 40	40	Cebey		X	23/2/2021 09:45	20,89	1,5	sd	6,47	330	62,1	-56,8
ArroCeb2- 61	61	Cebey		X	23/2/2021 10:45	23,42	2,2	24,4	6,74	1151	70,9	-38,9
ArroCeb- 39	39	Cebey	X	X	23/2/2021 11:45	24,18	2,5	28,9	6,68	1454	49,7	-28,8
ArroCastRutaf- 58	58	Cebey		X	23/2/2021 10:30	sd	2,8	sd	6,97	491	46,9	-65,2
ArroCeb3- 59	59	Cebey		X	23/2/2021 12:30	26,10	0,7	9,8	7,05	1008	68,4	-97,2
ArroCeb4- 41	41	Cebey	X	X	23/2/2021 12:45	26,24	0,0	0,0	6,61	864	88,5	-81,1
ArroCanuPel- 53	53	Cañuelas-Navarrete		X	24/02/2021 09:30	23,30	0,6	6,6	7,19	5539	45,9	-105,5
ArroCanuRutaf- 54	54	Cañuelas-Navarrete		X	24/02/2021 10:40	25,20	3,4	42,7	7,28	2470	23,2	-71,7
ArroCanu1- 32	32	Cañuelas-Navarrete		X	24/02/2021 12:00	25,60	4,6	57,5	7,26	979	42,3	-271,7
ArroCanuHípico- 62	62	Cañuelas-Navarrete		X	24/02/2021 13:20	27,00	3,5	41,4	7,25	678	86,3	-30,8
ArroCanuMC- 56	56	Cañuelas-Navarrete	X	X	24/02/2021 10:40	22,88	1,9	20,0	6,58	558	130,0	-33,6
ArroCanu2- 33	33	Cañuelas-Navarrete	X	X	24/02/2021 09:00	22,72	2,1	23,0	6,36	271	65,0	-76,5
ArroCanu- 3	3	Cañuelas-Navarrete	X	X	24/02/2021 12:30	24,72	1,7	20,2	6,43	419	93,2	-20,9
ArroChac1- 34	34	Chacón		X	1/3/2021 09:00	22,82	0,8	8,8	6,14	522	78,7	-133,6
ArroChac2- 35	35	Chacón		X	1/3/2021 10:15	24,89	3,0	36,5	6,76	422	149,0	-67,7
ArroChac3- 36	36	Chacón		X	1/3/2021 11:00	25,17	1,5	18,0	7,27	2029	10,6	-118,8
ArroChac- 4	4	Chacón	X	X	1/3/2021 12:00	28,52	1,2	15,9	6,95	4473	12,7	-113,6

Estación de Monitoreo	N°	Subcuenca	INA CEC 9 AFOROS 2020-2021	INA 2021- CAMP1_feb21	Fecha-Hora (Inicio)	Temperatura de Agua (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Oxígeno Disuelto (% Sat)	pH (UpH)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Turbidez (UNT)	Potencial Redox (mV)
ArroChac4- 66	66	Chacón		X	1/3/2021 13:45	28,32	0,2	3,2	6,20	3637	22,2	-503,2
ArroMoraRutaf- 44	44	Morales		X	25/02/2021 09:35	22,50	4,7	45,5	7,73	719	57,3	-72,0
ArroLaP200- 45	45	Morales		X	25/02/2021 10:30	26,70	5,2	65,0	7,62	1090	23,6	-26,6
ArroMora1- 37	37	Morales		X	25/02/2021 14:20	30,10	5,3	69,6	7,82	974	18,8	-25,0
ArroMora2- 67	67	Morales		X	25/02/2021 11:45	23,44	3,2	38,3	6,85	694	51,6	-15,0
ArroPant200- 50	50	Morales (Cañada Pantanosa)		X	25/02/2021 11:45	25,50	1,2	11,7	7,54	1078	20,1	-139,0
ArroPant1- 51	51	Morales (Cañada Pantanosa)		X	25/02/2021 12:20	30,00	6,4	82,0	8,22	1112	26,9	-75,0
ArroPant2- 47	47	Morales (Cañada Pantanosa)	X	X	25/02/2021 09:40	23,19	3,4	36,7	7,30	648	65,3	-105,9
ArroMoraDoSc- 48	48	Morales (Barreiro)		X	25/02/2021 12:40	27,64	8,0	103,2	7,39	1079	5,5	-66,7
ArroMora- 8	8	Morales	X	X	25/02/2021 13:30	26,17	2,4	30,0	6,86	793	44,1	38,3
MatyRut3- 1	1	Río Matanza	X	X	26/2/2021 09:15	24,77	2,0	24,9	7,00	2768	30,1	-134,7
Mplanes- 2	2	Río Matanza		X	26/2/2021 11:30	24,91	1,9	24,5	6,95	2512	35,7	-106,9
AgMolina- 6	6	Río Matanza	X	X	26/2/2021 12:20	26,48	0,4	5,2	6,57	2197	58,5	-458,2
AutoRich- 12	12	Río Matanza	X	X	4/3/2021 09:00	25,12	0,0	0,0	6,85	2138	21,0	-537,9
AADePuOest- 73	73	Río Matanza		X	4/3/2021 10:50	26,76	2,2	28,1	6,85	6611	5,92	-69,4
DePuOest- 13	13	Río Matanza	X	X	4/3/2021 11:50	26,55	2,5	31,7	6,64	1353	13,7	-75,1
PteColor- 15	15	Río Matanza		X	4/3/2021 13:35	27,10	2,6	33,8	6,88	2060	15,1	-109,7
ArroAgui- 10	10	Aguirre	X	X	02/03/2021 09:00	24,48	3,6	36,1	7,15	1186	10,4	-135,9
ArroDMar- 11	11	Don Mario	X	X	2/3/2021 11:00	25,18	7,1	87,4	7,11	1315	9,72	-58,9
ArroSusana- 76	76	Don Mario	X	X	2/3/2021 13:40	27,01	7,5	95,1	7,37	1507	3,18	-50,8
ArroDupuy- 77	77	Don Mario	X	X	2/3/2021 12:30	26,86	2,2	27,1	6,84	1518	17,1	-72,5
ArroOrt2- 63	63	Ortega	X	X	03/03/2021 09:00	27,50	1,0	12,3	6,68	2071	61,2	-307,1

Estación de Monitoreo	N°	Subcuenca	INA CEC 9 AFOROS 2020-2021	INA 2021- CAMP1_feb21	Fecha-Hora (Inicio)	Temperatura de Agua (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Oxígeno Disuelto (% Sat)	pH (UpH)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Turbidez (UNT)	Potencial Redox (mV)
ArroRossi- 71	71	Ortega		X	03/03/2021 10:15	25,30	0,0	0,0	6,53	1895	33,3	-483,0
ArroOrt1- 60	60	Ortega	X	X	03/03/2021 11:00	24,50	2,2	26,2	7,06	1436	3,8	-116,6
DesRocho- 72	72	Ortega		X	03/03/2021 12:40	25,60	4,3	53,5	7,12	1718	21,6	-98,0
ArroSCat- 14	14	Santa Catalina	X	X	03/03/2021 14:15	26,28	5,6	71,8	7,13	5383	7,7	-100,0
ArroRey- 16	16	Del Rey	X	X	04/03/2021 14:15	28,10	6,1	82,8	7,11	2242	9,8	-84,5
PteLaNor- 17	17	Riachuelo	X	X	05/03/2021 09:00	23,10	1,2	14,7	6,79	2082	36,4	-22,1
AlivClf4- 78	78	Riachuelo	X	X	05/03/2021 10:40	23,10	3,3	41,2	6,54	1060	49,0	-6,0
CanUnamu- 18	18	Riachuelo		X	08/03/2021 09:00	24,53	0,0	0,0	7,66	1648	21,2	-346,3
ArroClf4- 19	19	Riachuelo	X	X	05/03/2021 11:30	24,90	0,8	10,0	6,70	1993	15,7	-224,0
DPeI2500- 20_MD	20_MD	Riachuelo		X	08/03/2021 10:30	25,96	0,9	10,6	7,24	890	55,6	-266,1
DPeI2100- 21	21	Riachuelo		X	09/03/2021 09:20	24,59	0,6	6,4	7,85	1197	23,7	-303,7
DPeI900- 22	22	Riachuelo	X	X	05/03/2021 13:00	26,00	0,6	7,0	6,56	1574	17,3	-333,9
CondErez- 23	23	Riachuelo		X	09/03/2021 11:00	24,62	0,3	3,8	7,91	1976	13,3	-322,7
PteUribu- 24	24	Riachuelo	X	X	08/03/2021 11:30	25,47	0,0	0,0	7,84	2016	90,5	-308,3
ArroTeuc- 25	25	Riachuelo		X	09/03/2021 11:40	24,65	0,4	4,7	7,90	1760	29,3	-299,6
CnaSMar- 80	80	Riachuelo		X	09/03/2021 12:30	25,98	0,0	0,1	7,71	1398	25,0	-322,1
PteVlto- 28	28	Riachuelo		X	10/3/2021 11:00	25,17	0,5	6,2	8,12	1694	17,6	-263,4
PtePueyr- 30	30	Riachuelo	X	X	8/3/2021 12:20	26,06	0,0	0,0	7,80	2014	35,6	-322,4
PteAvel- 31	31	Riachuelo		X	10/3/2021 09:45	24,71	0,0	0,0	8,01	1784	11,0	-325,0

Tabla A3.2 Resultados USHI muestreados en la CMR durante la campaña del primer trimestre 2021.

RESULTADOS USHI				
Cuenca	Estación de Muestreo	Campaña		
		agosto 2020	noviembre 2020	febrero-marzo 2021
ALTA	TribRod2- 42	S/D	9,2	8,6
	TribRod3- 49			9,0
	ArroRod- 38			6,8
	ArroRod1- 68	S/D	6,8	7,0
	ArroCeb1- 40			6,8
	ArroCeb2- 61			7,0
	ArroCeb- 39	S/D	5,9	5,7
	ArroCastRuta6- 58			S/D
	ArroCeb3- 59			S/D
	ArroCeb4- 41	S/D	4,9	5,5
	ArroCanuPel- 53			3,8
	ArroCanuRuta6- 54			8,5
	ArroCanu1- 32	S/D	7,0	7,4
	ArroCanuHipico- 62			3,8
	ArroCanuEMC- 56			6,0
	ArroCanu2- 33	S/D	5,6	8,0
	ArroCanu- 3	S/D	3,0	6,5
MatyRut3- 1		5,0	7,5	6,5

MEDIA	ArroChac1- 34	S/D	7,3	9,4
	ArroChac2- 35			6,7
	ArroChac3- 36			4,0
	ArroChac- 4			6,2
	ArroChac4- 66	3,0	3,4	6,5
	ArroMoraRuta6- 44			8,8
	ArroLaPa200- 45			8,8
	ArroMora1- 37	S/D	5,0	8,5
	ArroMora2- 67			8,5
	ArroPant200- 50			4,4
	ArroPant1- 51			5,0
	ArroPant2- 47	S/D	4,3	5,6
	ArroMoraDoSc- 48			3,5
	ArroMora- 8	2,2	2,6	2,6
	Mplanes- 2			6,0
	AgMolina- 6			6,1
	ArroAgui- 10	S/D	8,6	8,0
	ArroDMar- 11			1,4
	ArroSusana- 76			0,8
	ArroDupuy- 77	2,0	3,9	3,1
	ArroOrt2- 63	1,5	4,9	3,5
	ArroRossi- 71			5,7
	DescRocha- 72	4,9	4,9	3,9
ArroOrt1- 60			4,3	

BAJA	AutoRich- 12			5,8
	AADepuOest- 73			5,2
	DepuOest- 13	5,6	5,6	4,9
	PteColor- 15	4,1	3,3	3,6
	ArrodRey- 16	0,9	0,9	0,9
	ArroSCat-14	2,7	4,4	3,8
	PteLaNor- 17	2,6	2,1	2,9
	AlivCild- 78			N/A
	CanUnamu- 18			N/A
	ArroCild- 19	3,2	3,5	4,5
	DPel2500- 20_MD			N/A
	DPel2100- 21			N/A
	DPel1900- 22			N/A
	CondErez- 23			N/A
	PteUribu- 24	1,1	1,8	2,8
	ArroTeuc- 25			N/A
	CnaISMar- 80			3,5
	PteVitto- 28	2,1	4,4	2,0
	PtePueyr- 30			2,7
	PteAvell- 31			1,6
PteOlimpico-79	2,3	S/D		

Tabla A3.5. Registros de Conductividad, pH, Oxígeno Disuelto, Temperatura y niveles del río, del acuífero freático y del acuífero puelche para los meses de Enero, febrero y marzo del 2021.

EMC 4- Cañuelas

Mes: Enero 2021

N° Registros Teóricos: 4464

Sensor/Parámetro	N° registros recibidos	% sobre teórico	Registros validados	% sobre teóricos	Promedio	Mediana	Máximo	Mínimo	Desv. Est.
Conductividad (mS/cm)	4229	95%	4229	95%	2,53	2,47	3,77	0	0,40
pH (unidades de pH)	4229	95%	4229	95%	8,26	8,29	9,56	6,73	0,25
Oxígeno Disuelto (mg/l)	4229	95%	4229	95%	1,60	-0,07	14,06	-0,28	2,89
Temperatura del agua (C°)	4229	95%	4229	95%	26,82	26	38,1	17,7	4,26
Nivel del Río	4229	95%	4229	95%	0,20	0,2	0,27	0,17	0,02
Nivel Freático	4229	95%	4229	95%	10,02	10,02	10,05	9,98	0,02
Nivel Puelche	4229	95%	4229	95%	9,46	9,44	9,79	9,22	0,11

EMC 4- Cañuelas

Mes: Febrero 2021

N° Registros Teóricos: 4032

Sensor/Parámetro	N° registros recibidos	% sobre teórico	Registros validados	% sobre teóricos	Promedio	Mediana	Máximo	Mínimo	Desv. Est.
Conductividad (mS/cm)	3888	96%	3857	96%	2,13	2,17	3,61	0,49	0,85
pH (unidades de pH)	3888	96%	3847	95%	8,08	8,24	9,09	6,79	0,66
Oxígeno Disuelto (mg/l)	3888	96%	1751	43%	3,72	2,09	17,17	0	3,98
Temperatura del agua (C°)	3885	96%	3885	96%	25,02	24,5	35,1	14,9	3,39
Nivel del Río	3888	96%	3888	96%	0,25	0,22	0,7	0,17	0,08
Nivel Freático	3888	96%	3888	96%	10,01	10	10,07	9,97	0,03
Nivel Puelche	3888	96%	3888	96%	9,20	9,2	9,45	8,98	0,10

EMC 4- Cañuelas

Mes: Marzo 2021

N° Registros Teóricos: 4464

Sensor/Parámetro	N° registros recibidos	% sobre teórico	Registros validados	% sobre teóricos	Promedio	Mediana	Máximo	Mínimo	Desv. Est.
Conductividad (mS/cm)	4402	99%	4379	98%	2,08	2,42	7,4	0,18	1,03
pH (unidades de pH)	4402	99%	4382	98%	8,04	8,15	8,98	6,62	0,62
Oxígeno Disuelto (mg/l)	4414	99%	2585	58%	3,25	2,67	12,45	0,01	2,71
Temperatura del agua (C°)	4402	99%	4402	99%	23,91	23,7	32,2	13	3,53
Nivel del Río	4402	99%	4402	99%	0,25	0,19	1,48	0,16	0,19
Nivel Freático	4402	99%	4402	99%	10,07	10,06	10,22	10	0,06
Nivel Puelche	4402	99%	4402	99%	9,36	9,35	9,8	9,04	0,18

### Índice de Calidad del Agua

$$ICA_{sup} = [\sum_i^n (Q_i + w_i)] * \lambda Q_t$$

$Q_i$  es el valor del subíndice de calidad para cada una de las primeras cuatro dimensiones.

$w_i$  es el peso dado al subíndice  $i$ .

$$\lambda Q_t = \begin{cases} 1 & \text{si } Q_t \geq 75 \\ 0.75 & \text{si } 50 < Q_t < 75 \\ 0.50 & \text{si } 25 < Q_t < 50 \\ 0.25 & \text{si } Q_t \leq 25 \end{cases}$$

Rango Índice (Q)	Clasificación
96-100	Muy Buena
76-95	Buena
51-75	Media
26-50	Mala
0-25	Muy Mala

Figura A3.1. metodología de cálculo y valores de referencia del Índice de Calidad del Agua (ICA).

<https://www.acumar.gov.ar/wp-content/uploads/2016/12/2.-2020-01-ANEXO.pdf>

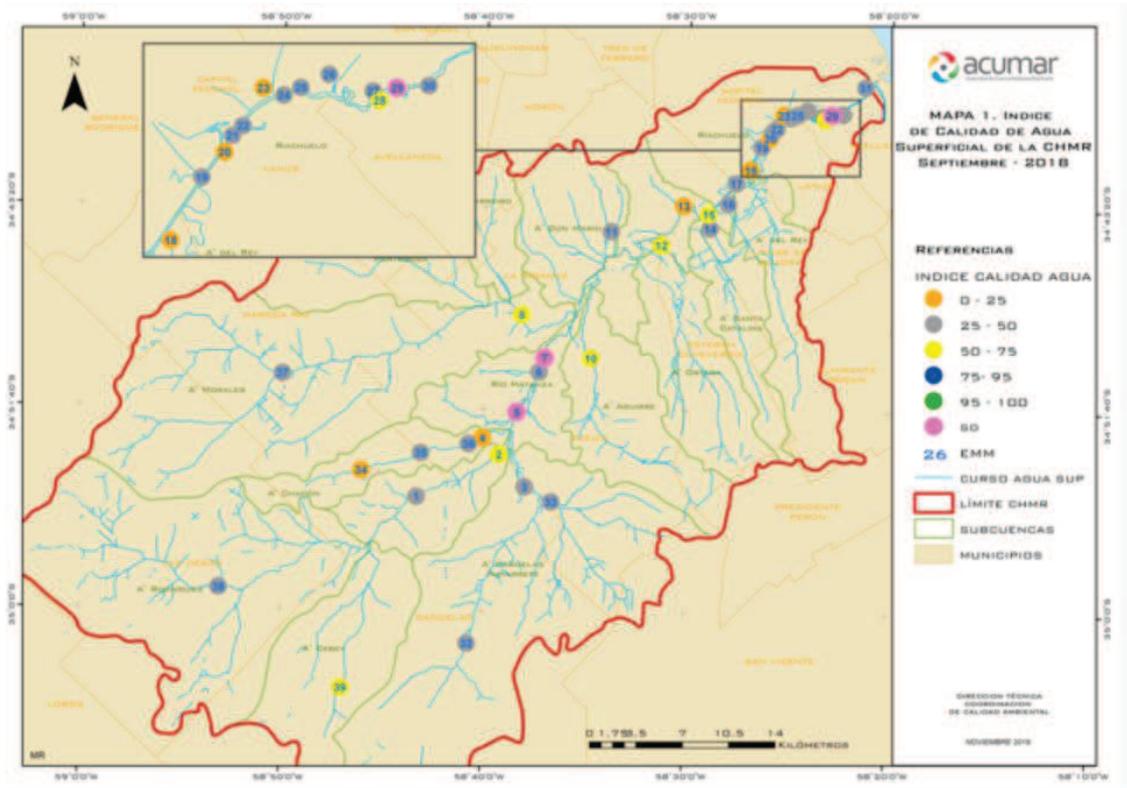


Figura A3.2. Mapa de los ICA de la CMR a septiembre 2018.

Tabla A3.6 Evolución de los ICA desde las campañas 2015 a 2018 en todas las estaciones de muestreo de la CMR.

Estación Monitoreo		Campaña / Valor ICA							
ID	Nombre EM	abr-15	dic-15	abr-16	nov-16	mar-17	sep-17	mar-18	sep-18
38	ArroRod	21	18	34	19	41	52	21	37
39	ArroCeb	11	2	15	27	51	50	21	53
1	MatyRut4	45	18	30	25	37	51	12	46
2	Mplanes	43	31	46	30	48	62	50	52
32	ArroCanu2	18	23	37	35	42	SD	52	41
33	ArroCanu3	29	39	29	41	73	61	24	40
3	ArroCanu	16	32	30	25	75	51	29	46
34	ArroChac2	21	SD	40	22	SD	26	SD	20
35	ArroChac3	38	SD	44	35	51	63	60	27
36	ArroChac4	51	30	41	25	42	22	37	26
4	ArroChac	22	19	24	26	23	38	17	9
5	Mherrera	11	SD	SD	SD	33	42	SD	SD
6	AgMolina	9	25	24	17	37	52	23	49
7	RPlaTaxco	12	18	SD	SD	28	50	SD	SD
10	ArroAgui	20	19	35	42	31	43	18	55
37	ArroMora2	30	17	32	26	73	73	30	48
8	ArroMora	30	38	40	47	57	65	47	56
11	ArroDMar	41	35	38	34	53	54	41	35
12	AutoRich	12	21	21	18	35	48	8	52
13	DepuOest	10	7	23	28	49	45	36	25
14	ArroSCat	12	20	17	15	35	46	34	36
15	PteColor	6	19	19	20	35	40	22	51
16	ArrodRey	9	17	17	9	21	45	24	31
17	PteLaNor	11	25	17	19	33	37	20	48
18	CanUnamu	14	20	17	17	SD	SD	23	22
19	ArroCild	19	19	5	23	17	51	18	27
20	DPel2500_MD	11	9	12	7	SD	SD	13	23
21	DPel2100	6	21	14	11	13	SD	3	26
22	DPel1900	2	25	8	17	7	SD	11	33
23	CondErez	4	16	7	5	15	SD	17	21
24	PteUribu	9	21	15	22	31	24	23	46
25	ArroTeuc	14	7	9	8	12	SD	14	28
26	DproLEli	14	12	12	14	SD	SD	12	27
27	DproLaf	7	8	11	7	SD	SD	20	30
28	PteVitto	11	18	19	8	18	43	19	51
29	DproLPer	18	9	6	8	SD	SD	SD	SD
30	PtePueyr	8	14	22	11	38	46	14	46
31	PteAvell	10	15	24	20	21	SD	40	34

Rango Índice (Q)
96-100
76-95
51-75
26-50
0-25
Sin datos (SD)

Fuente: Coordinación de Calidad Ambiental de la ACUMAR.  
Actualizado a enero de 2020.

Tabla A3.7 Evolucion de la concentración de nitratos en el acuífero Freático (a) y Puelche (b).

(a)

Periodo de muestreo/ Rango de Concentración de Nitratos	Menor a 10 mg/l	Entre 10 y 45 mg/l	Mayor a 45 mg/l	Total
May 2008 - Nov 2009	10	13	6	29
<b>Línea de base</b>				
Sep-2010	13	9	3	25
Nov-2010	14	8	3	25
Mar-2011	14	8	3	25
Jun-2011	14	8	2	24
Dic-2011	21	11	3	35
Mar-2012	20	10	5	35
Jun-2012	19	11	6	36
Sep-2012	20	10	4	34
Mar-2013	20	10	7	37
Abr-2014	21	13	8	42
Jul-Ago 2014	20	15	7	42
Oct-Nov 2014	19	15	6	40
Feb 2015- Mar 2015	16	7	8	31
Feb 2016- Mar 2016	25	13	6	44
Feb 2018	5	17	5	27

(b)

Periodo de muestreo/ Rango de Concentración de Nitratos	Menor a 10 mg/l	Entre 10 y 45 mg/l	Mayor a 45 mg/l	Total
May 2008 - Nov 2009	6	5	4	15
<b>Línea de base</b>				
Sep-2010	9	5	1	15
Nov-2010	10	3	2	15
Mar-2011	8	5	2	15
Jun-2011	9	4	2	15
Dic-2011	18	8	3	29
Mar-2012	17	8	4	29
Jun-2012	17	9	5	31
Sep-2012	17	8	6	31
Mar-2013	17	8	5	30
Abr-2014	21	15	5	41
Jul-Ago 2014	21	14	6	41
Oct-Nov 2014	20	15	6	41
Feb 2015- Mar 2015	15	8	7	30
Feb 2016- Mar 2016	25	12	8	45
Feb 2018	7	14	10	31

Tabla A3.8 Parámetros admisibles de la calidad del aire dispuestos por la resolución 02/07 de ACUMAR

Resolución ACUMAR Nº 02/07 de calidad de aire

Parámetros	Tiempo de promedio	Estándar (µg/m³)	Estándar (ppm)	Carácter de estándar
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	1 hora (1)	40.000	35.000	Primario
	8 horas (3)	10.000	9.000	Primario
<b>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>	1 hora (1)	376	200	Primario y secundario
	1 año (5) Promedio aritmético	100	53	Primario y secundario
<b>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	3 horas (2)	1.309	500	Secundario
	24 horas (4)	367	140	Primario
	1 año (5) Promedio aritmético	79	30	Primario
<b>Ozono (O<sub>3</sub>)</b>	1 hora (1)	236	120	Primario y secundario
	8 horas (3)	157	80	Primario y secundario
<b>Plomo (Pb)</b>	3 meses Promedio aritmético	1,5	-----	Primario y secundario
<b>Material Particulado en suspensión (PM10)</b>	24 horas (4)	150	-----	Primario
	1 año (5) Promedio aritmético	50	-----	Primario y secundario
<b>Benceno</b>	(6)	(6)	(6)	Primario
<b>Partículas sedimentables (Flujo máscico vertical)</b>	1 mes	1 mg/cm <sup>2</sup>	-----	Primario

ppm: partes por millón.

µg/m<sup>3</sup>: microgramos por metro cúbico

Los estándares están expresados en CNPT.

1. Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración horaria correspondiente al percentil 98 de las concentraciones horarias de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

2. El valor (tiempo de promedio: 3 horas) debe ser interpretado como valor medio temporal correspondiente a periodos de 3 horas consecutivas; por ejemplo: entre 01-03horas, 04-06 horas, 07-09 horas, 10-12 horas, etc.

Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración media (tiempo de promedio: 3 horas) correspondiente al percentil 98 de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 3 horas) de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

3. El valor (tiempo de promedio: 8 horas) debe ser interpretado como valor medio temporal (promedio móvil) de periodos de 8 horas superpuestos; por ejemplo: entre 01-09horas, 02-10 horas, 03-10 horas, 04-11 horas, etc.

Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) correspondiente al percentil 98 de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 8 horas) de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

4. El valor (tiempo de promedio: 24 horas) debe ser interpretado como valor medio temporal correspondiente a periodos de 24 horas consecutivos.

Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) correspondiente al percentil 98 de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

5. Para cumplimentar este estándar el promedio de las medias aritméticas anuales de las concentraciones de este contaminante en aire de tres años consecutivos en cada muestreador no debe exceder el estándar respectivo.

6. En el marco de la Comisión Interjurisdiccional artículo 5º, inc. "a" de la Ley 26.168 será oportunamente definido el valor correspondiente dentro del plazo de dos (2) años.

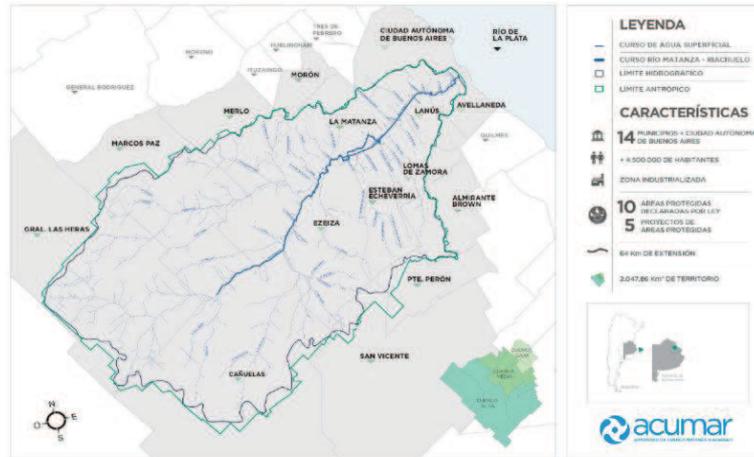


Figura A3.3 Cuenca Matanza-Riachuelo. Imagen obtenida de ACUMAR

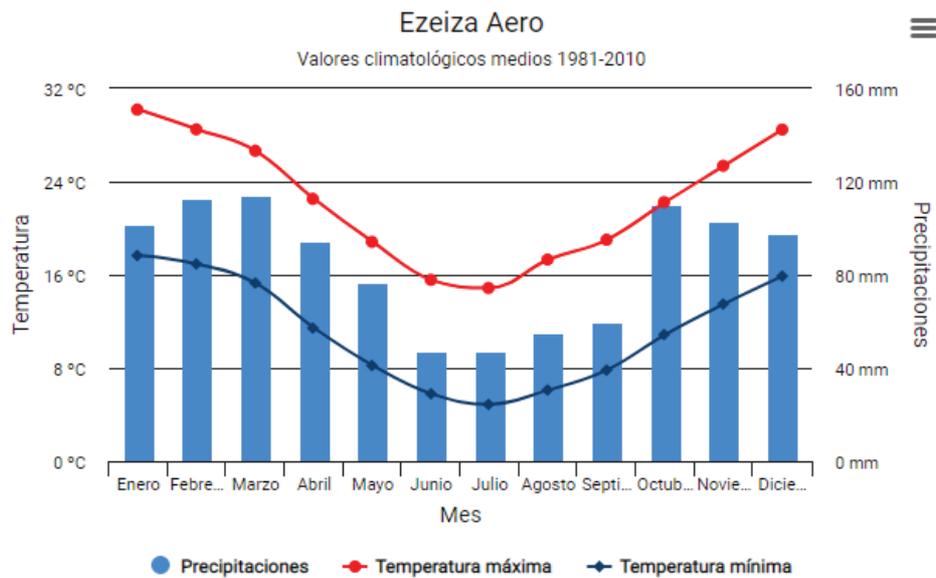


Figura A3.4. Precipitaciones y temperaturas medias de Ezeiza para el período 1980-2010. Obtenido del Servicio Meteorológico Nacional, Estación Meteorológica Ezeiza.

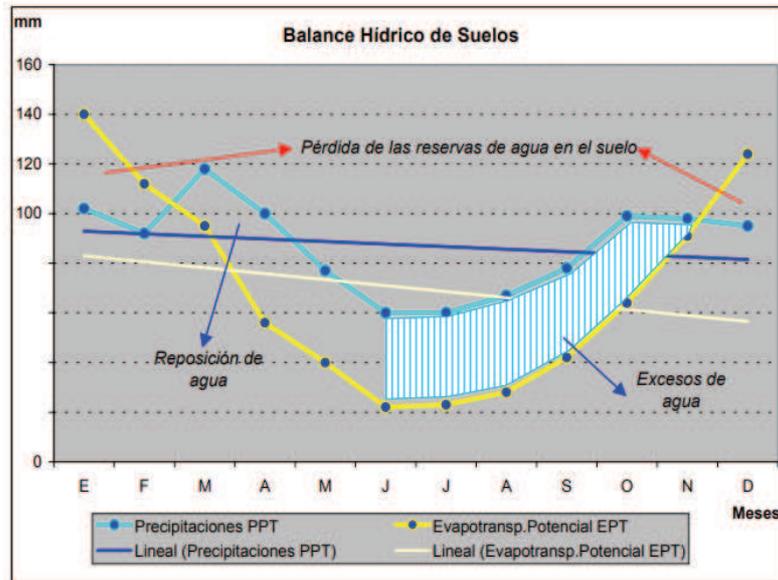


Figura A3.5. Balance hídrico de los suelos de la Cuenca Matanza Riachuelo

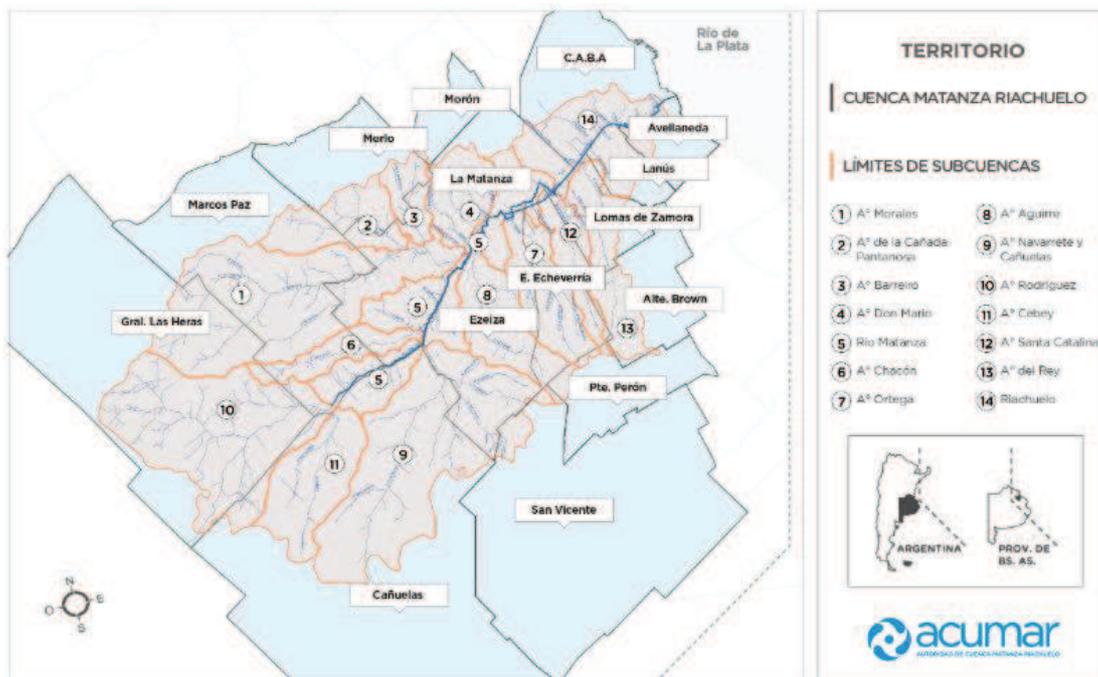


Figura A3.6. Subcuencas del Sistema Matanza-Riachuelo

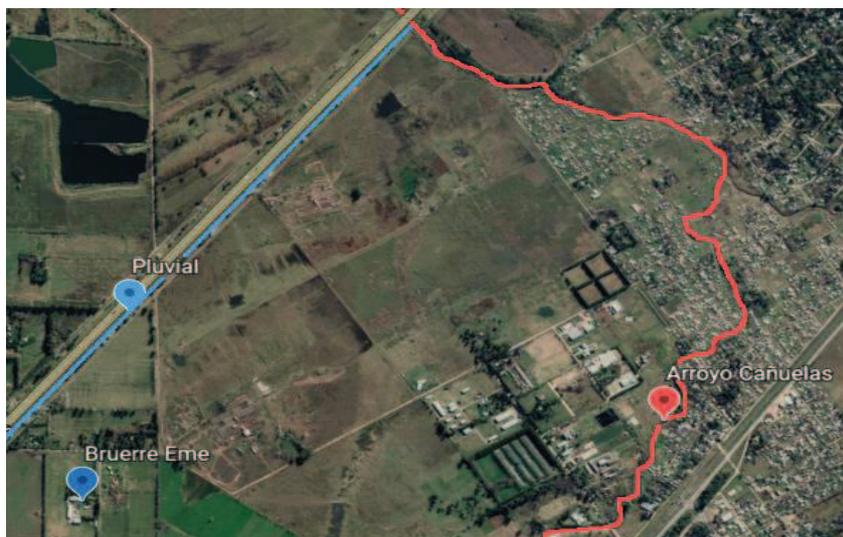


Figura A3.7. Arroyo Cañuelas

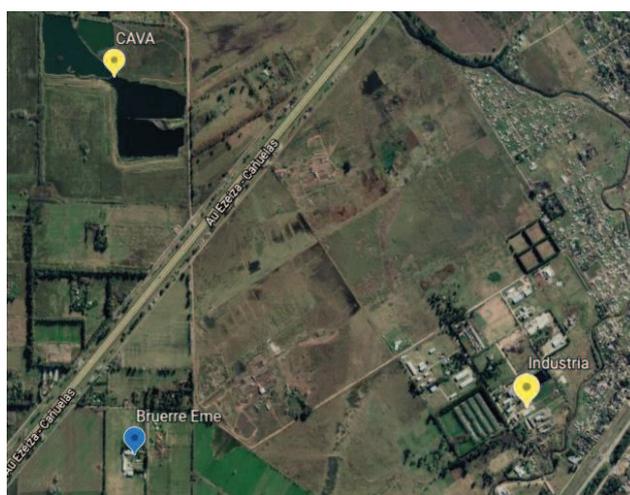


Figura A3.8 Pasivos ambientales cercanos al terreno del proyecto

## ANEXO IV

### METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LAS MATRICES AMBIENTALES LA MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

El presente método pertenece a Vicente Conesa Fernandez-Vitora (1997) y es utilizado para asignar la importancia (I) de cada impacto ambiental posible como resultado del desarrollo del proyecto a lo largo de todas sus etapas. La ecuación para el cálculo de la Importancia es:

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Donde:

- Signo +/- : hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las acciones que van a actuar sobre los distintos factores.
- Intensidad (i): Refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa. El valor estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 una afección mínima.
- Extensión (EX): Se refiere al área de influencia teórica del impacto dividido el porcentaje del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto.
- Momento (MO): Alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t0) y el comienzo del efecto (tj) sobre el factor del medio considerado.
- Persistencia (PE): Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.
- Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el Proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.

- Recuperabilidad (MC): Posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana.
- Sinergia (SI): Contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
- Acumulación (AC): Da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.
- Efecto (EF): Relación causa-efecto, es decir, la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.
- Periodicidad (PR): La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo) (Hidroar, s.f.).

El desarrollo de la ecuación de (I) es llevado a cabo mediante el modelo propuesto en la Tabla A4.1 expuesta a continuación:

*Tabla A4.1.* Modelo de importancia de impacto. Expresa los valores posibles de cada punto a evaluar según el método descripto.

**Modelo de Importancia de Impacto**

Signo		Intensidad (i) *	
Beneficioso	+	Baja	1
Perjudicial	-	Total	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	8
Critica	12		
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)		$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	
Recup. Inmediato	1		
Recuperable	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

\* Admite valores intermedios.

En función de este modelo, los valores extremos de la Importancia (I) pueden variar, calificándose el nivel según lo expresado en la Tabla A4.2:

Tabla A4.2 Calificación del valor final de la importancia de cada impacto considerado

Valor I (13 y 100)	Calificación	Significado
< 25	BAJO	La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto en cuestión
25 ≤ < 50	MODERADO	La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.
50 ≤ < 75	SEVERO	La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado
≥ 75	CRITICO	La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. NO hay posibilidad de recuperación alguna.

*Nota.* Recuperado del Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sostenible de la Provincia de Chubut. Por Hidroar S.A.

Finalmente, se desarrolla el promedio de los impactos de cada actividad (columnas) a fin de identificar las acciones más significativas. Asimismo, se efectúa el promedio del efecto de cada factor impactado (filas), permitiendo conocer los factores ambientales que sufren en mayor o menor medida las consecuencias del proyecto.

# ANEXO V

## *Planos del Proyecto*

A continuación, se presentan los planos de la Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos Industriales diseñada para este proyecto. Los mismos deben considerarse a modo de referencia, ya que representan una aproximación al resultado final a obtener, como complemento de la memoria de cálculo desarrollada en el Capítulo 9.

A continuación, se enlistan y adjuntan 17 planos que representan gráficamente el proyecto diseñado:

DI001: Vistas y cortes del sistema de desbaste de efluentes industriales y domiciliarios

I002: Vistas y corte del separador API

I003: Vistas y corte del ecualizador

I004: Vistas y corte de la cámara de coagulación

I005: Vistas y corte de la cámara de floculación

D001: Vistas y corte del sistema DAF

D002: Vista y corte del pozo de bombeo de efluentes domiciliarios

DI002: Vista y corte del reactor biológico PACT

DI003: Vista y corte del sedimentador

DI004: Vista y corte del filtro de arena

DI005: Vista y corte de la cámara de cloración

DI006: Vista y corte del espesador de lodos

DI007: Vista en planta del sistema de tratamiento completa

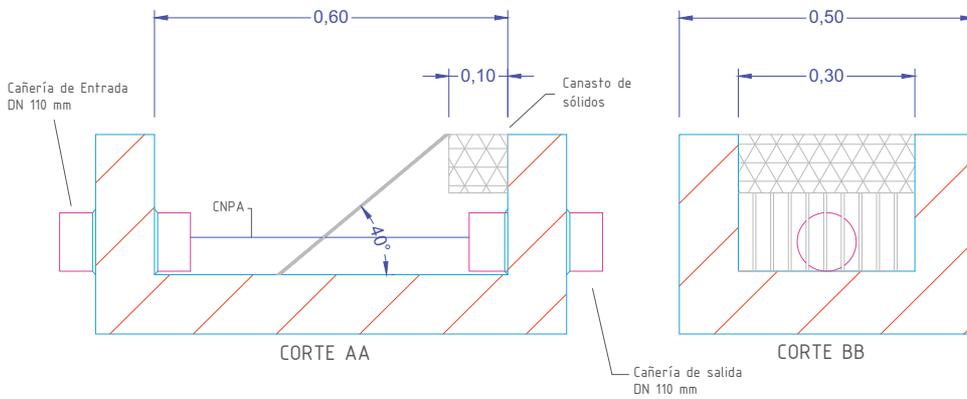
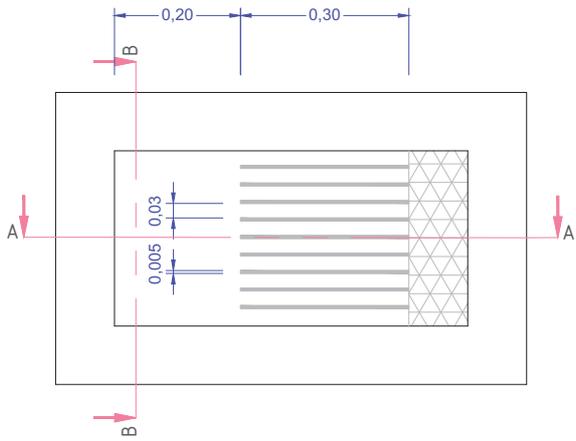
DI008: Vista en corte del sistema de tratamiento completo (línea de efluentes industriales)

DI009: Vista en corte del sistema de tratamiento completo (línea de efluentes domiciliarios)

DI010: Vista y cortes de la CTMYMC

DI011: Distribución de la PTELI en el terreno

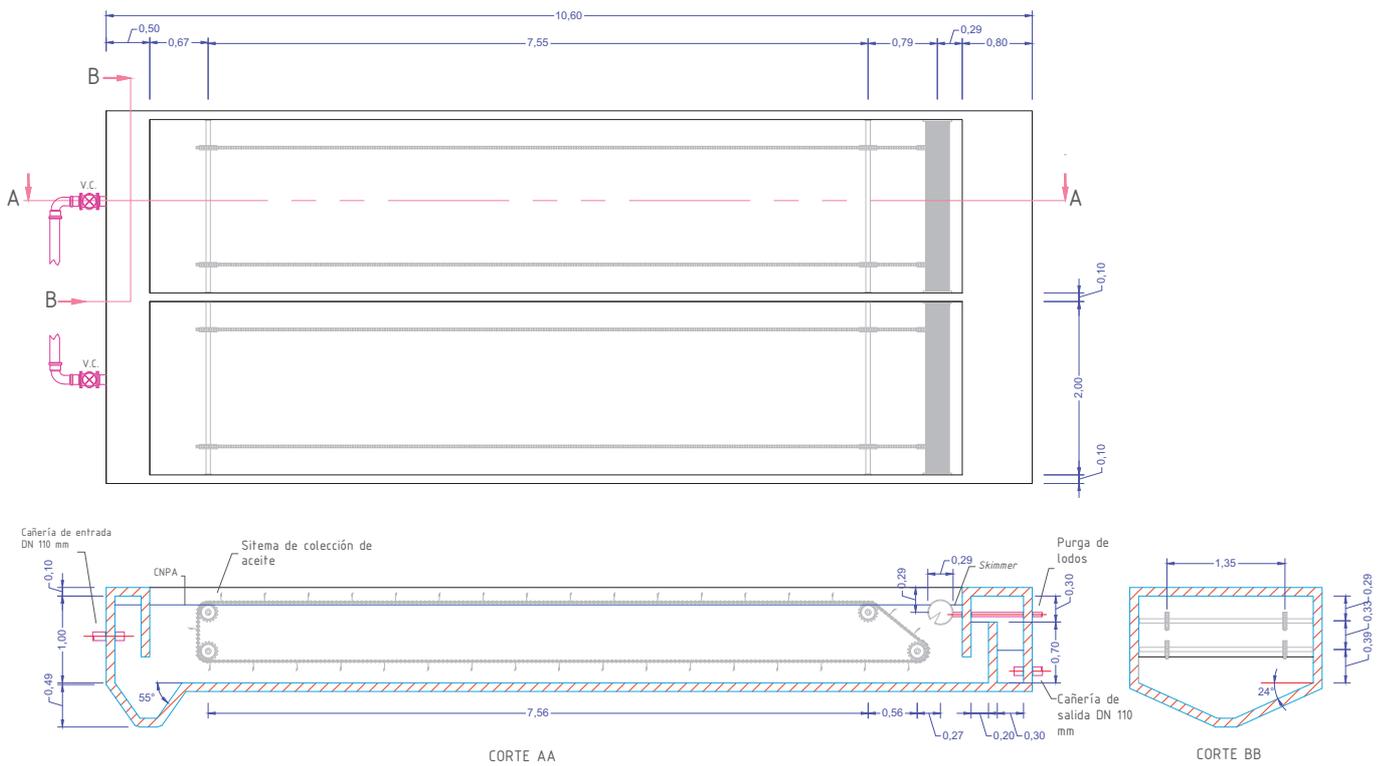




Referencias:

- V.C.: Válvula de Aompuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Coña Nivel de Terreno
- CNPA: Coña Nivel Pelo de Agua

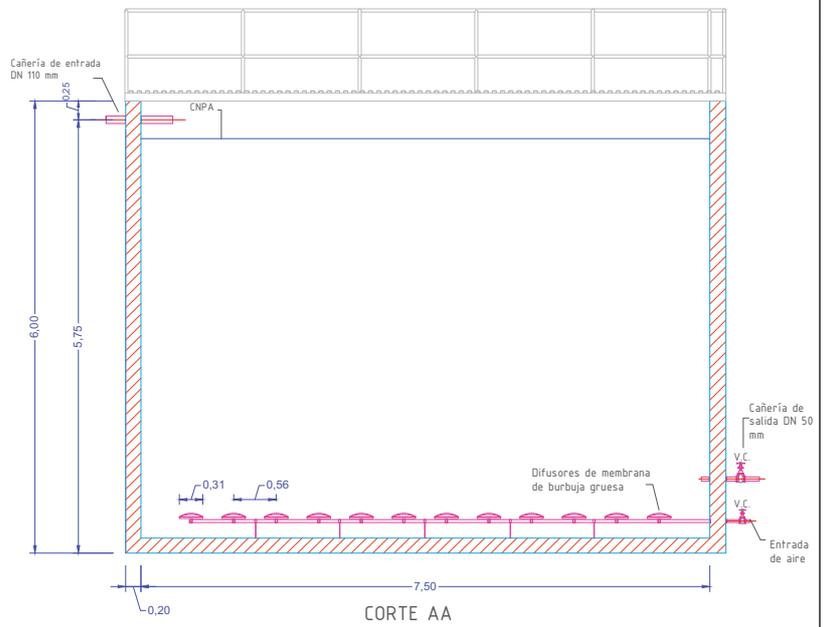
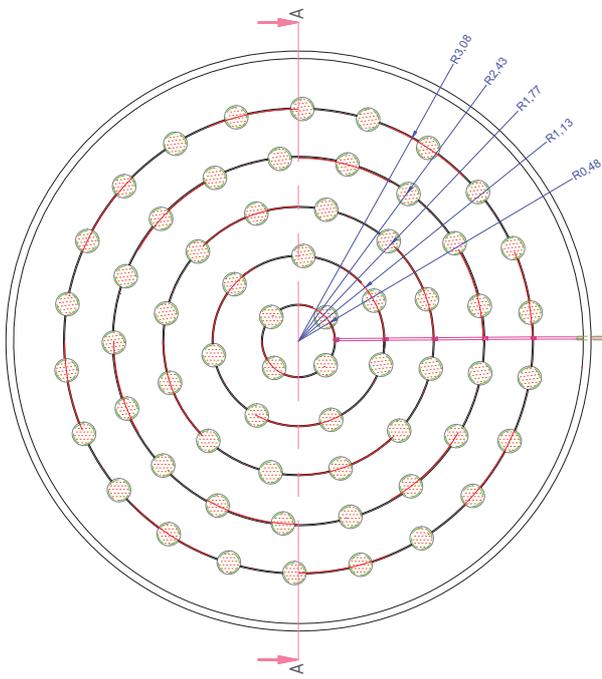
Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:155		Canal de Desbaste	Alumno:
Plano N°:	DI001			Ingeniería Ambiental



Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

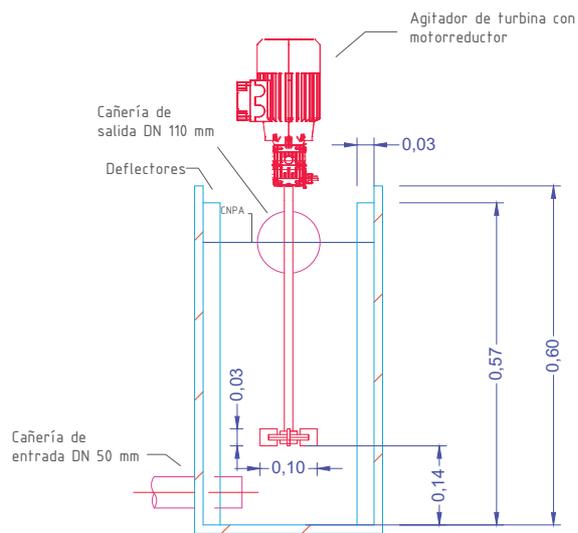
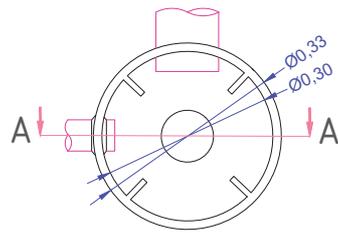
Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  <b>I3IA</b> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:23		Separador API	Alumno:
Plano N°:	I002			Marina N. Carcavallo
				Carrera:
				Ingeniería Ambiental



Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b> <b>3iA</b> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala: 1:20	Plano N°: 1003		Ecuallizador	Alumno: Marina N. Carcavallo
				Carrera: Ingeniería Ambiental

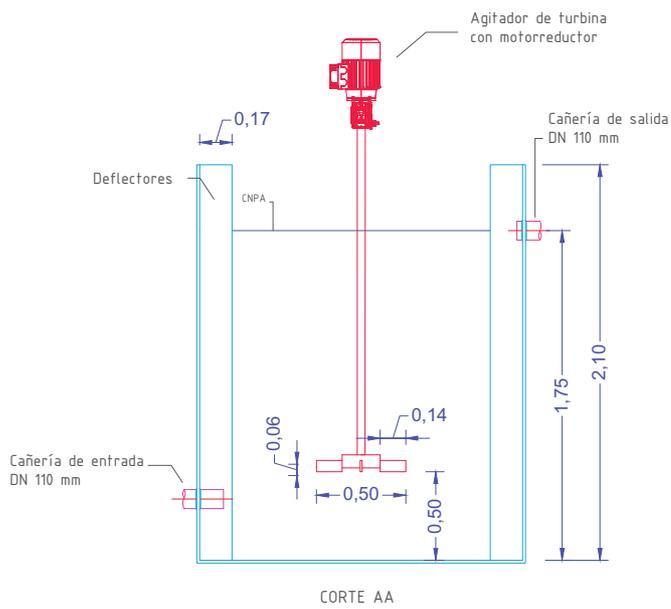
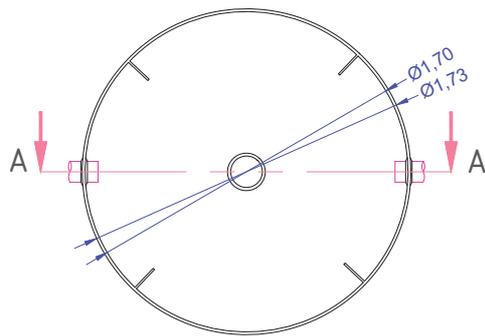


CORTE AA

Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

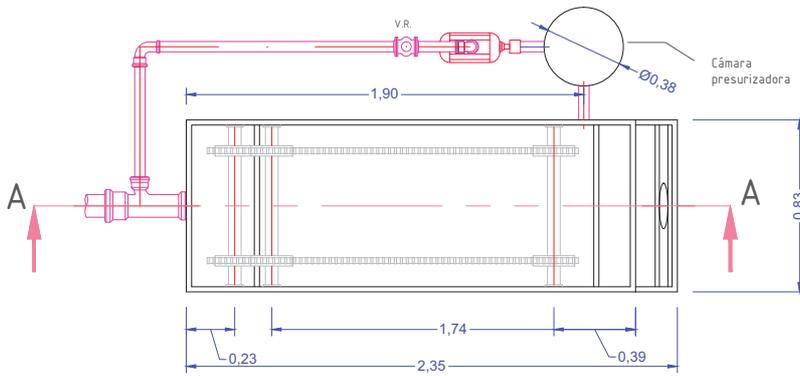
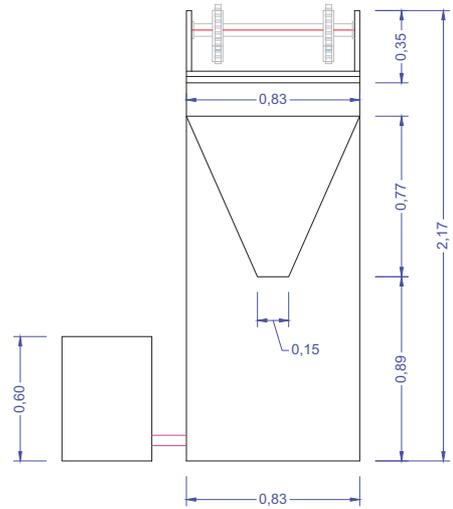
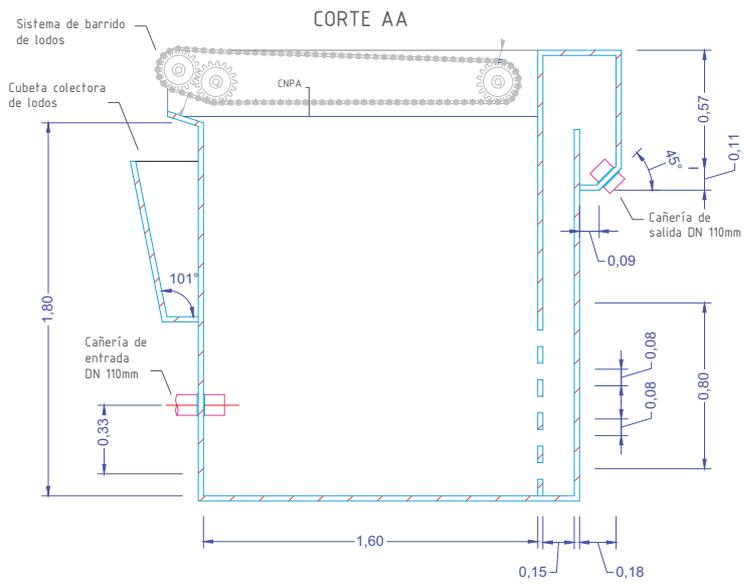
Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:150		Cámara de coagulación	Alumno:
Plano N°:	1004			Carrera:
				Marina N. Carcavallo
				Ingeniería Ambiental



Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

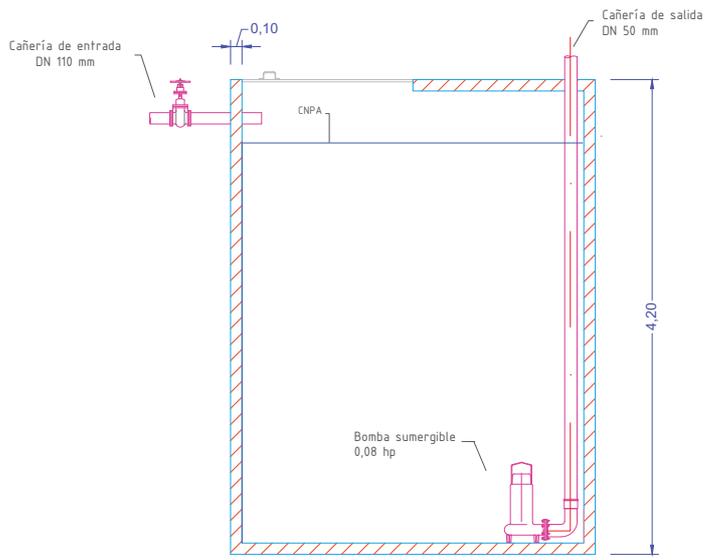
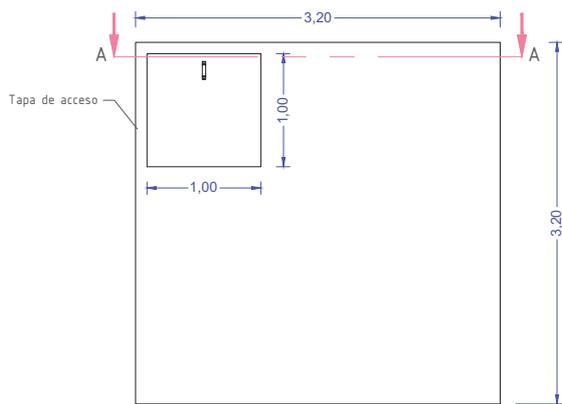
Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  <b>IIA</b> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	150		Cámara de Floculación	Alumno:
Plano N°:	1005			Marina N. Carcavallo
				Carrera:
				Ingeniería Ambiental



**Referencias:**

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:55		Cámara DAF	Alumno:
Plano N°:	1006			Marina N. Carcavallo
				Carrera:
				Ingeniería Ambiental

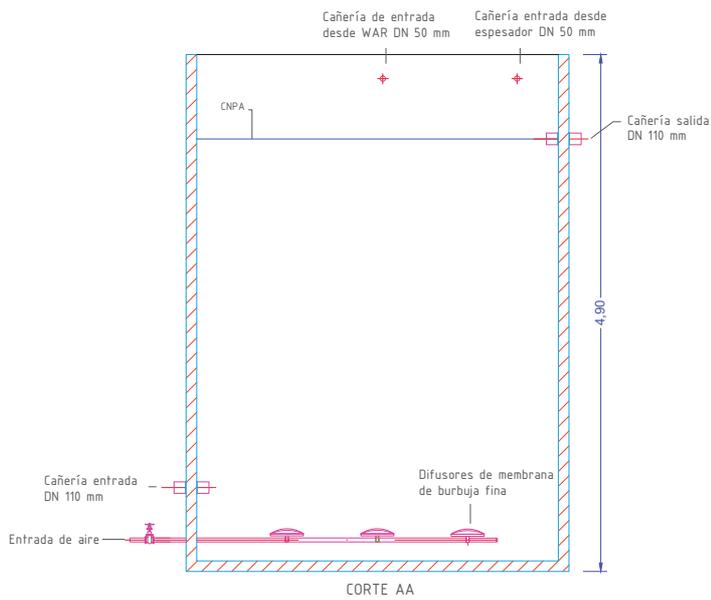
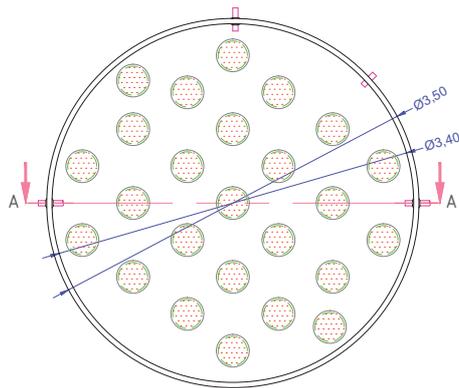


CORTE AA

Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

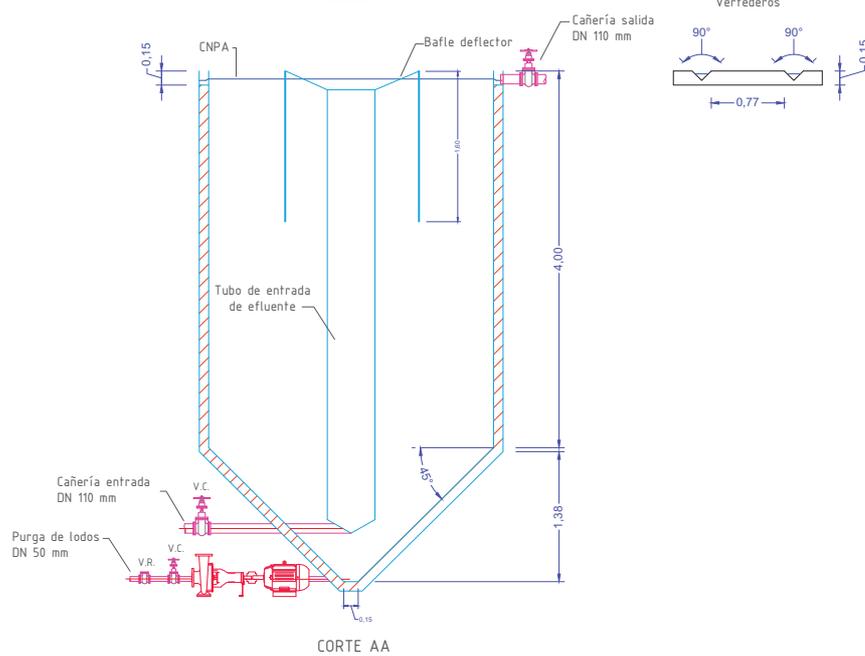
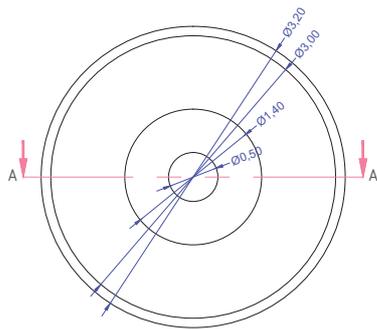
Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:30		<b>Pozo de Bombeo</b>	Alumno: Marina N. Carcavallo
Plano N°:	D002			Carrera: Ingeniería Ambiental



Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

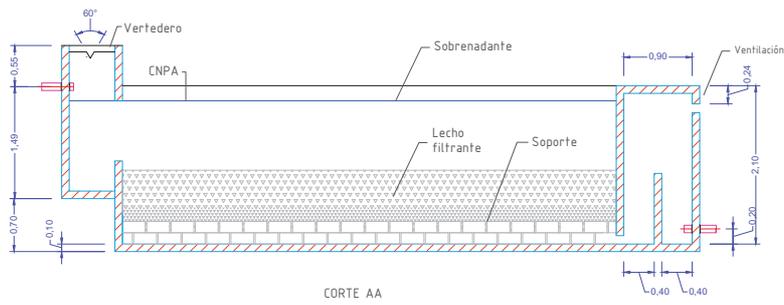
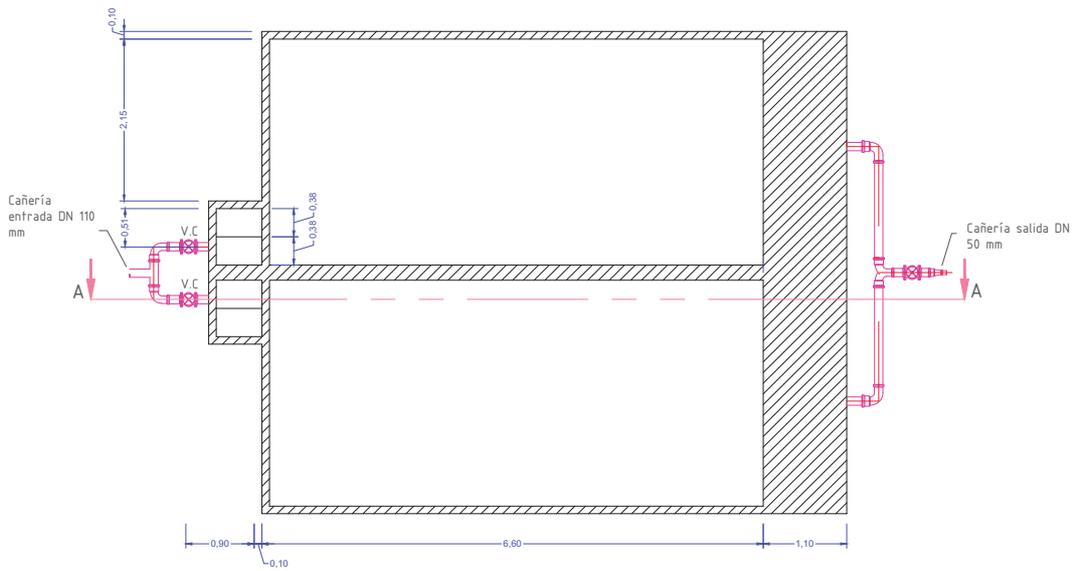
Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:28		<b>Reactor Biológico PACT</b>	Alumno: Marina N. Carcavallo
Plano N°:	DI002			Carrera: Ingeniería Ambiental



Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

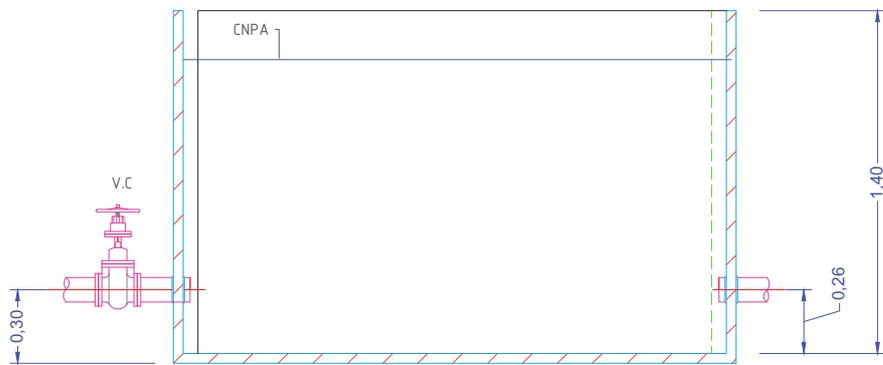
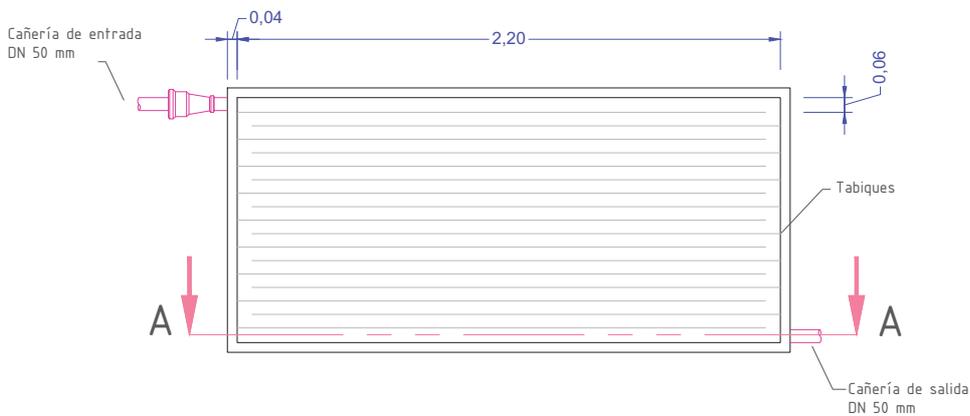
Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:25		Sedimentador	Alumno:
Plano N°:	DI003			Carrera:
				Ingeniería Ambiental



Referencias:

V.C.: Válvula de Compuerta  
 V.R.: Válvula Antirretorno  
 CNT: Cota Nivel de Terreno  
 CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala: 1/20	Filtro de arena		Alumno: Marina N. Carcavallo	
Plano N°: DI004			Carrera: Ingeniería Ambiental	

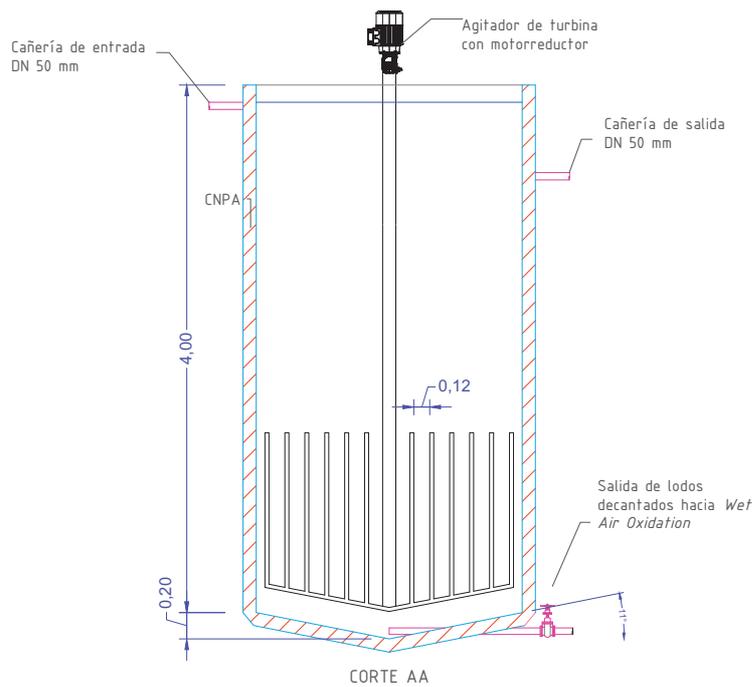
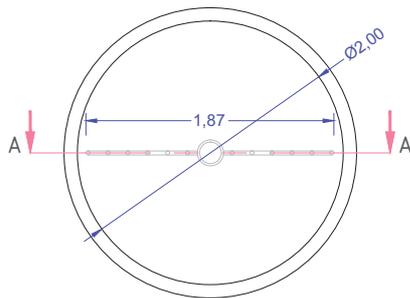


CORTE AA

Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

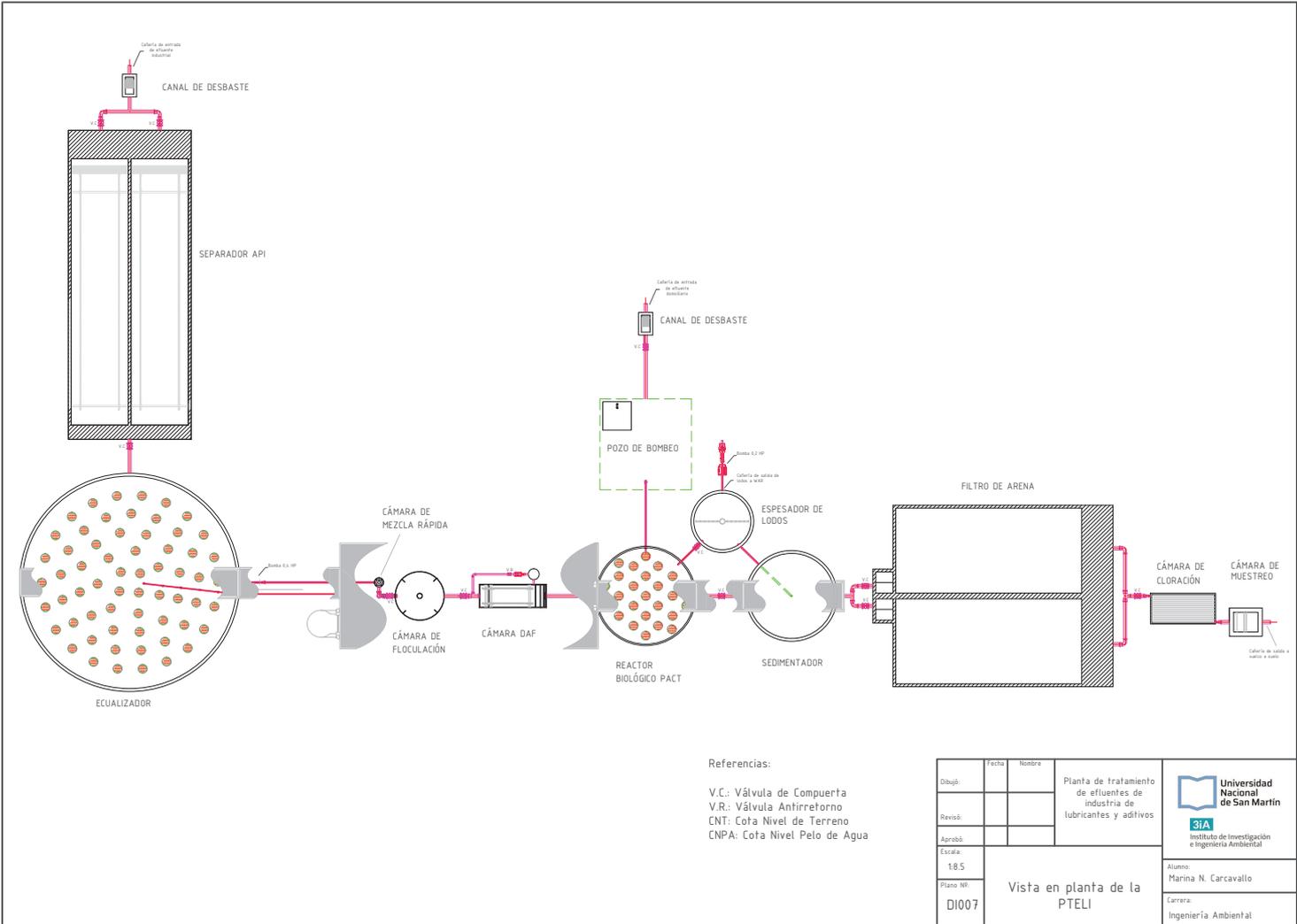
Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:65		Cámara de cloración	Alumno:
Plano N°:	DI005			Martina N. Carcavallo
				Carrera:
				Ingeniería Ambiental



Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

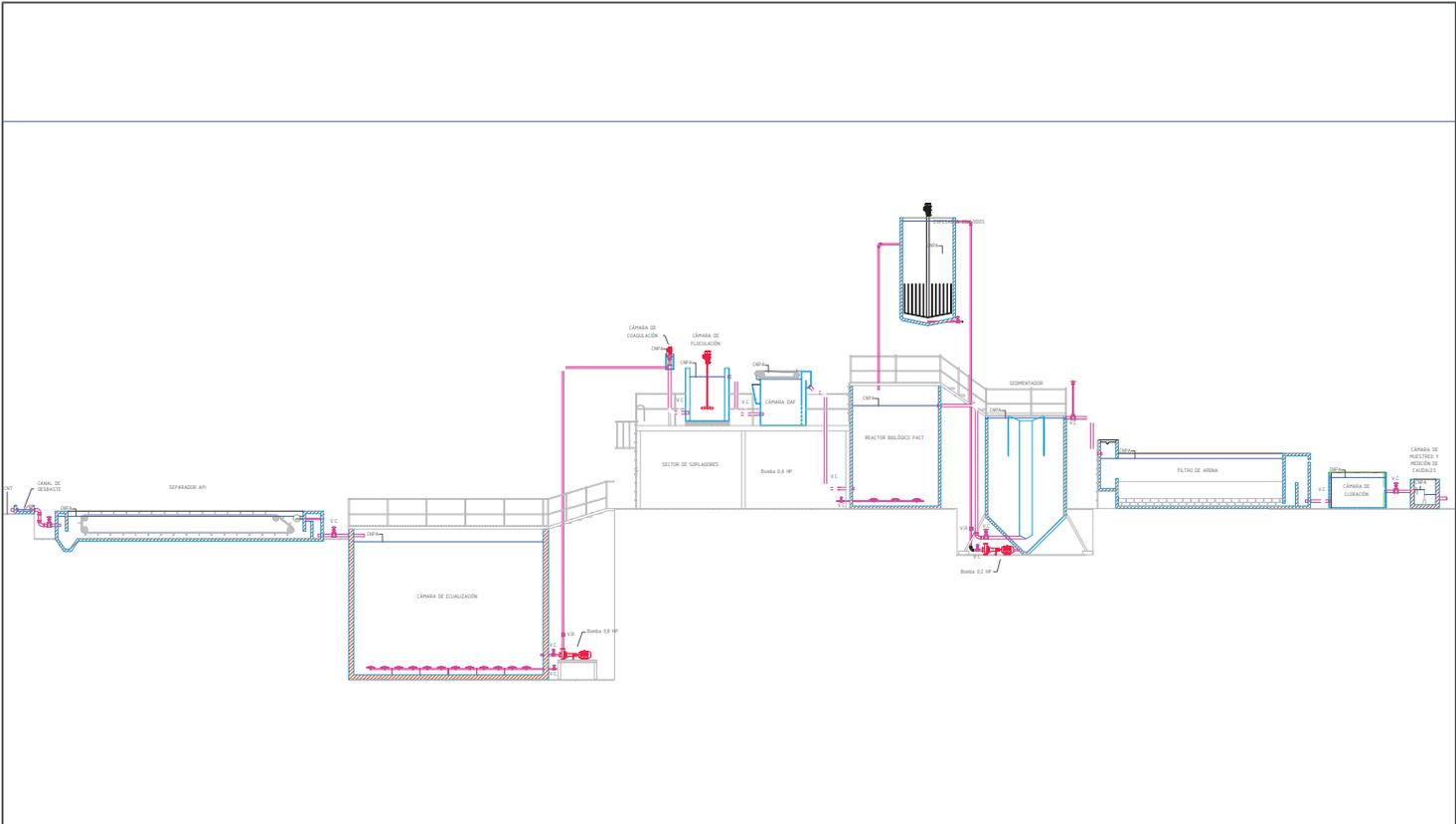
Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b> 31A Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:35		Espesador de lodos	Alumno: Marina N. Carcavallo
Plano N°:	DI006			Carrera: Ingeniería Ambiental



Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Anirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

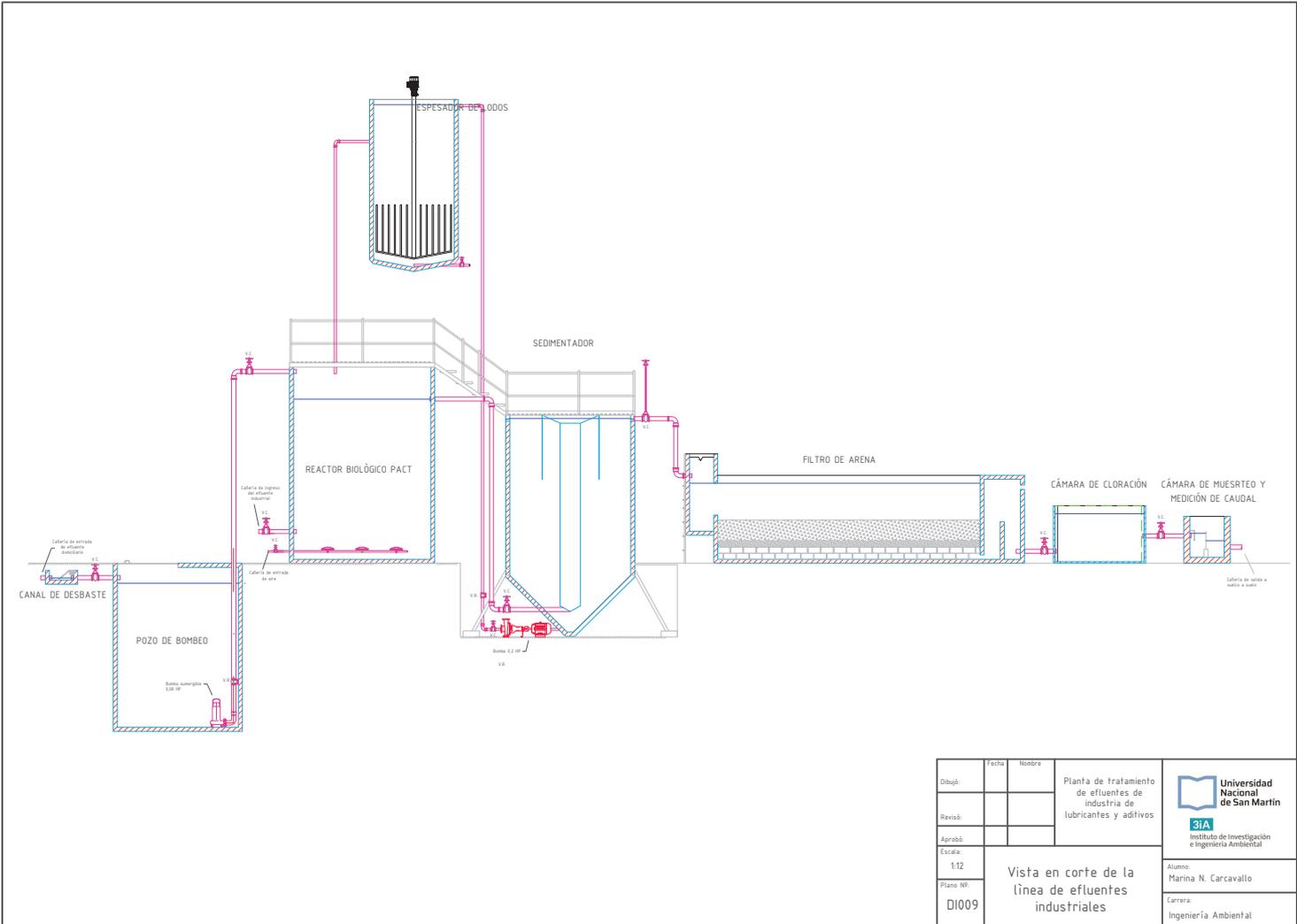
Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b> <b>3iA</b> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental	
Revisó:					Alumno:
Aprobó:					Marina N. Carcavallo
Escala:	18.5			Carrera:	
Plano N°:	D1007			Ingeniería Ambiental	
Vista en planta de la PTELI					



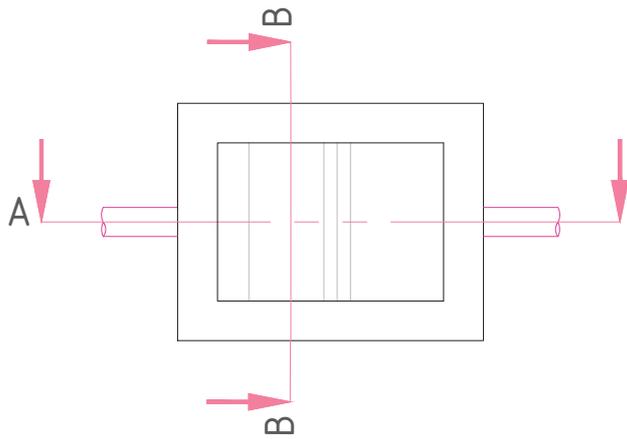
Referencias:

V.C.: Válvula de Compuerta  
 V.R.: Válvula Antirretorno  
 CNT: Cota Nivel de Terreno  
 CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  <b>IIA</b> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	16.7		Vista en corte de la línea de efluentes industriales	Alumno:
Plano N°:	DI008			Marina N. Carcavallo
				Carrera:
				Ingeniería Ambiental

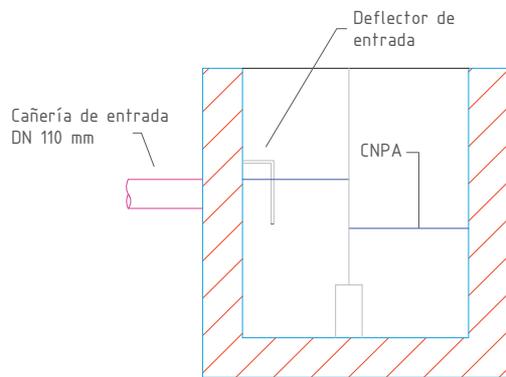


Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:12		Vista en corte de la línea de efluentes industriales	Alumno:
Plano N°:	DI009			Marina N. Carcavallo
				Carrera:
				Ingeniería Ambiental

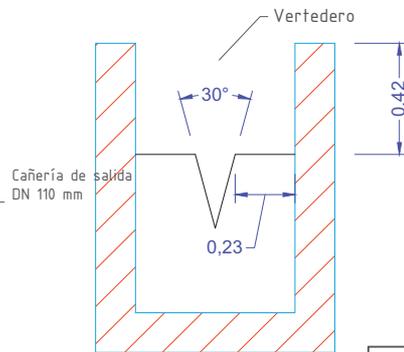


Referencias:

- V.C.: Válvula de Compuerta
- V.R.: Válvula Antirretorno
- CNT: Cota Nivel de Terreno
- CNPA: Cota Nivel Pelo de Agua

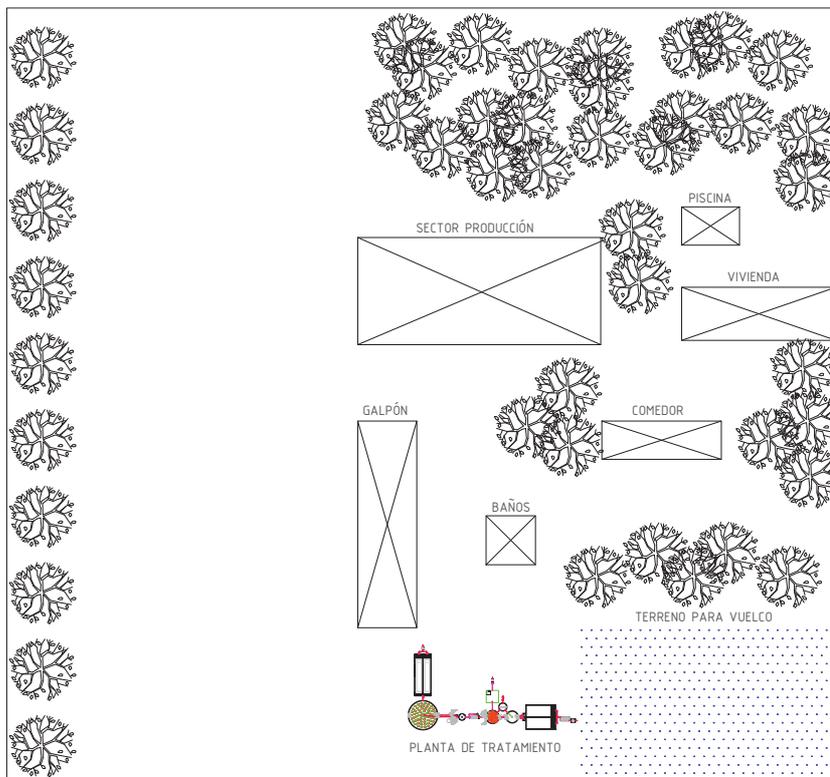


CORTE AA



CORTE BB

Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>  Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:60		Cámara Toma de Muestras y Medidora de Caudales	Alumno:
Plano N°:	DI010			Martina N. Carcavallo
				Carrera:
				Ingeniería Ambiental



Dibujó:	Fecha:	Nombre:	Planta de tratamiento de efluentes de industria de lubricantes y aditivos	 <b>Universidad Nacional de San Martín</b> <small>31A</small> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:	1:200		Distribución espacial de la PTELI en terreno	Alumno:
Plano N°:	DI011			Marina N. Carcavallo
				Carrera:
				Ingeniería Ambiental