

Proyecto final integrador

Diseño de una planta de tratamiento para el aprovechamiento de los efluentes generados en el lavado de vehículos ferroviarios y sus componentes



Carrera: Ingeniería Ambiental

Autora: Julieta Putelli

Tutora: Vera Mignaqui

Año 2023



Universidad
Nacional
de San Martín

Resumen

La actividad de lavado de vehículos ferroviarios y las piezas anexas, es una etapa esencial para brindar un servicio de transporte férreo óptimo. Sin embargo produce un volumen significativo de aguas residuales con exceso de componentes oleaginosos, materia orgánica, entre otros, que contribuyen a un perjuicio sobre el ambiente, principalmente por la contaminación y reducción del recurso hídrico.

El objetivo del presente proyecto se basa en la definición de un sistema de tratamiento de efluentes generados en la actividad de limpieza de formaciones dentro del predio ferroviario Remedios de Escalada, de la línea General Roca, para su aprovechamiento nuevamente en el proceso. Se le adiciona el efluente cloacal generado por el personal, considerando que no modificará significativamente el tratamiento. El caudal total a tratar es de 130 m³/día.

La ausencia de normativa nacional que fije valores límite para reuso de agua residual implicó la consolidación de los valores límites de las legislaciones existentes (Res. 336/03 de ADA, Decreto 847/16 de la Provincia de Córdoba y Res. 283/19 de ACUMAR).

Luego de desarrollar la problemática, establecer el flujo del proceso de la actividad y definir la caracterización del efluente a través de bibliografía, se proponen, diseñan y analizan dos alternativas de tratamiento, seleccionando la más apropiada en términos económicos, espacio disponible y a los fines de alcanzar los valores de vuelco regulados.

La alternativa elegida se compone de un sistema de rejillas, un tanque de grasas y aceites, un ecualizador y un CPI para el caso del efluente industrial; un sistema de rejillas y un tamiz para el efluente cloacal; y conjuntamente, un reactor de lodos activados, sedimentador secundario, y tanque de desinfección. También, se depurarán los lodos por medio de una centrífuga, y bolsas filtrantes. Se diseñan los planos para las unidades proyectadas, se confecciona el presupuesto económico y el estudio de impacto ambiental, con su correspondiente plan de gestión, tendiente a minimizar, corregir y mitigar los potenciales efectos detectados.

Con el sistema propuesto, se consigue recuperar el efluente tratado y reducir en un 80% el agua que se consume diariamente en el predio. Se resuelve que al término de 6 meses, se ahorra el consumo de agua, equivalente a 5 piletas olímpicas.

Se concluye que el proyecto de sistema de tratamiento de efluentes provenientes del lavado de maquinaria férrea es técnica, ambiental y económicamente viable.

Índice

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Preliminar.....	12
1.2 Operadoras Ferroviarias.....	14
1.3 Material rodante ferroviario.....	16
CAPÍTULO II. DIAGNÓSTICO DEL CASO.....	21
2.1 Descripción del sitio.....	21
2.1.1 Actividades y sectores del predio.....	21
2.2 Objetivo del proyecto.....	25
2.2.1 Objetivo general.....	25
2.2.2 Objetivos específicos.....	25
2.3 Ubicación.....	25
2.3.1 Partido de Lanús.....	26
2.3.2 Cuenca matanza - Riachuelo.....	27
2.4 Marco legal.....	29
2.4.1 Nacional.....	29
2.4.2 Provincial.....	30
2.4.3 Límites permisibles.....	30
2.5 Descripción del proceso de lavado.....	31
2.5.1 Alistamiento de coches y locomotoras.....	31
2.5.2 Limpieza y restauración de piezas.....	33
2.6 Efluentes característicos del lavado de vehículos.....	37
2.7 Reutilización del efluente.....	38
2.8 Caracterización del efluente.....	38
2.9 Comparación normativa-caracterización.....	40
2.10 Caudal.....	45
2.10.1 Efluentes cloacales.....	47
CAPÍTULO III. MEMORIA DESCRIPTIVA Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	49
3.1 Pretratamiento - Común a ambas alternativas.....	52
3.1.1 Rejas.....	53
3.1.2 Tamiz.....	54
3.1.3 Trampa de grasas y aceites.....	55
3.1.4 Tanque de homogeneización.....	56
3.2 Tratamiento primario.....	57
3.2.1 ALTERNATIVA I - Separador API.....	58
3.2.2 ALTERNATIVA II - Separador de placas.....	59

3.3 Tratamiento secundario.....	60
3.3.1 ALTERNATIVA I - Lodos activados.....	61
3.3.2 ALTERNATIVA II - Sistema naturales de depuración.....	63
3.3.2.1 Laguna aireada mecánicamente.....	64
3.3.2.2 Laguna de mezcla parcial.....	66
3.4 Tratamiento terciario - Común a ambas alternativas.....	66
3.4.1 Cloración.....	66
3.5 Cámara de toma de muestra y medición del caudal.....	68
3.6 Almacenamiento de agua clarificada.....	69
3.6.1 ALTERNATIVA I - Tanque de almacenamiento de agua.....	69
3.6.2 ALTERNATIVA II - Laguna de aerobia o de maduración.....	69
3.7 Tratamiento de lodos.....	70
3.7.1 Lodos biológicos.....	71
3.7.1.1 ALTERNATIVA I - Sacos filtrantes.....	71
3.7.1.2 ALTERNATIVA II - Playa de secado.....	72
3.7.2 Lodos primarios.....	73
3.7.2.1 Centrifuga decantadora - Común a ambas alternativas.....	73
Preselección de alternativas.....	75
CAPÍTULO IV. MEMORIA DE CÁLCULO.....	80
4.1 ALTERNATIVA I y II.....	81
4.1.1 Pretratamiento - Efluente industrial.....	81
4.1.1.1 Sistema de rejas.....	81
4.1.1.2 Trampa de grasas y aceites.....	84
4.1.3.1 Tanque de ecualización.....	87
4.1.2 Pretratamiento - Efluente cloacal.....	90
4.1.2.1 Sistema de rejas.....	90
4.1.2.1 Tamiz.....	91
4.2 ALTERNATIVA I.....	93
4.2.1 Tratamiento primario (Separador CPI) - Efluente industrial.....	93
4.2.2 Pozo de bombeo - Unión de efluentes.....	97
4.2.3 Tratamiento secundario - Lodos activos.....	99
4.2.3.1 Reactor biológico.....	101
4.2.3.2 Sedimentador secundario.....	105
4.2.4 Tratamiento terciario.....	112
4.2.4.2 Cámara de desinfección.....	112
4.2.5 Cámara de extracción de muestras y medición de caudales.....	114
4.2.6 Tanque de almacenamiento de agua.....	115

4.2.7 Tratamiento de lodos.....	116
4.2.7.1 Línea lodos primarios.....	117
4.2.7.1.1 Centrifugadora 3 fases.....	117
4.2.7.2 Línea biosólidos.....	118
4.2.7.1 Bolsas filtrantes.....	118
4.3 ALTERNATIVA II.....	119
4.3.1 Tratamiento primario (Separador API) - Efluente industrial.....	119
4.3.2 Tratamiento secundario- Lagunas aireadas mecánicamente.....	124
4.3.2.1 Laguna aireada mecánicamente.....	125
4.3.2.2 Laguna de mezcla parcial.....	129
4.3.2.3 Laguna de maduración.....	131
4.3.4 Tratamiento terciario.....	132
4.3.4.1 Cámara de desinfección.....	132
4.3.5 TRATAMIENTO DE LODOS.....	133
4.3.5.1 Línea de lodos primarios.....	133
4.3.5.2 Línea de secundarios.....	133
4.4 Selección de la alternativa.....	135
4.4.1 Superficie ocupada.....	136
4.4.2 Eficiencias de remoción.....	137
4.4.3 Generación de lodos.....	140
4.4.4 Costos.....	141
4.4.5 Flexibilidad.....	142
CAPÍTULO V. DISEÑO HIDRAULICO DEL PROYECTO.....	145
5.1 Selección del terreno.....	145
5.2 Sistema de conducción del efluente.....	146
5.2.1 Pérdidas de carga.....	150
5.2.2 Bombas.....	154
5.3 Unidades accesorias.....	157
5.3.1 Casilla de sopladores.....	157
5.3.2 Depósito de residuos peligrosos.....	157
5.4 Adicionales.....	158
5.4.1 Muestras.....	158
5.4.2 Gestión de residuos peligrosos.....	158
CAPÍTULO VII. Presupuesto económico.....	160
7.1 Inversión inicial.....	160
7.2 Operación y mantenimiento.....	164
7.2.1 Costo eléctrico.....	164

7.2.2 Insumos.....	165
7.2.3 Mano de obra.....	166
7.2.4 Gestión de lodos.....	166
7.2.5 Muestreos.....	167
7.3 Costo total.....	168
CAPÍTULO VIII. Evaluación de impacto ambiental.....	170
8.1 Introducción.....	170
8.2 Metodología.....	170
8.3 Marco legal, institucional y político.....	171
8.3.1 Legislación Nacional.....	171
8.3.2 Regulaciones Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo.....	172
8.3.3 Legislación Provincial.....	172
8.3.4 Entidades consultadas.....	172
8.4 Descripción general.....	173
8.4.1 Localización.....	174
8.4.2 Área de influencia.....	175
8.4.2.1 Área de influencia directa (AID).....	175
8.4.2.2 Área de influencia indirecta (AII).....	175
8.4.3 Etapas del proyecto.....	176
8.5 Línea de base ambiental.....	177
8.5.1 Medio físico.....	177
8.5.1.1 Geología.....	177
8.5.1.1.1 Geomorfología.....	179
8.5.1.1.2 Muestreos de suelo.....	180
8.5.1.2 Hidrogeología.....	181
8.5.1.2.1 Hidroquímica.....	183
8.5.1.3 Clima.....	184
8.5.1.3.1 Precipitaciones.....	184
8.5.1.3.2 Temperatura.....	185
8.5.1.3.3 Vientos.....	186
8.5.2 Medio biológico.....	187
8.5.2.1 Flora.....	188
8.5.2.2 Fauna.....	188
8.5.3 Medio socioeconómico.....	189
8.5.3.1 Población.....	189
8.5.3.2 Situación socioeconómica.....	191
8.5.3.3 Hogares.....	191

8.5.3.4 Salud.....	192
8.5.3.5 Educación.....	194
8.5.3.6 Actividades economicas.....	195
8.5.4 Factores ambientales contemplados.....	198
8.6 Identificación y valorización de impactos ambientales.....	199
8.6.1 Descripción de impactos ambientales.....	199
8.6.2 Metodología de valoración.....	201
8.6.3 Resultados (Matriz de impactos).....	204
8.7 Medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales.....	205
8.8 Plan de gestión ambiental.....	207
8.8.1 Programa de Seguimiento y Control (PSC).....	208
8.8.2 Programa de capacitación.....	209
8.8.3 Programa de seguridad e higiene.....	210
8.8.4 Programa de Responsabilidades y Comunicación (PRC).....	210
8.8.5 Programa de contingencias ambientales (PCO).....	211
8.8.6 Programa de Auditorías Ambientales.....	213
8.9 Conclusiones de la EIA.....	213
CAPÍTULO IX. Conclusiones.....	215
BIBLIOGRAFÍA.....	217
ANEXOS.....	222

Figuras y Tablas

Fig.I: Evolución histórica en Argentina de la extensión de red del ferrocarril, el número de pasajeros y la mercadería transportada desde sus inicios hasta la fecha (Elaboración propia a partir de datos de CNRT y ONDAT).....	13
Fig. II: Extensión de red ferroviaria operativa no concesionada para el transporte de pasajeros en Argentina. Los tonos azules representan los ramales de la Línea Bartolomé Mitre. El color amarillo a la Linea San Martin. En color verde, la Línea Sarmiento. En color violeta y rojo la Línea General Roca. Los recuadros en el interior del mapa representan los servicios regionales en las distintas provincias (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Transporte).....	15
Fig.III: Extensión de red ferroviaria para el transporte de cargas en Argentina operados por empresas concesionadas (Fuente: Trenes Argentinos Cargas).....	16
Fig.IV: Foto de formacion diesel de la Línea General Roca (Fuente: Google Imágenes).....	18
Fig. V: Bogie de vehículo motor. Identificación de los elementos base del sistema, necesarios para el correcto funcionamiento del vehículo. Fuente: Elaboración propia a partir de RENFE.....	20

Fig. VI: Ubicación geográfica del predio, Remedios de Escalada, Lanús. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.....	21
Fig. VII: Delimitación de sectores operativos del predio ferroviario de Remedios de Escalada, Partido de Lanús. Fuente: Elaboración propia en Google Earth.....	24
Fig. VIII: Delimitación de sectores inactivos en color rojo y sectores activos en color verde del predio de Remedios de Escalada, Partido de Lanús. Fuente: Elaboración propia en Google Earth.....	26
Fig. IX: Ubicación de la localidad de Remedios de Escalada en el partido de Lanús. Fuente: Elaboración propia.....	27
Fig. X: Mapa de la cuenca Matanza-Riachuelo, delimitando las subcuencas y la ubicación del predio. Fuente: ACUMAR, 2023.....	28
Fig.XI: Plataforma destinada al lavado de formaciones correspondiente a la empresa Trenes Argentinos Operaciones, ubicada en el predio de Remedios de Escalada, partido de Lanús. Fuente: Elaboración propia.....	32
Fig. XII: Hidrolavadora empleada en el proceso de lavado. Fuente: Elaboración propia.....	33
Fig.XIII: Sistema de elevación para vehículo ferroviario, compuesto por cuatro columnas con uña para sujeción de la maquinaria y elevación por medio de un tablero de control. Fuente: Elaboración propia.....	34
Fig. XIV: Fosa utilizada para la limpieza de piezas y consiguiente inspección y revisión. (Fuente: Elaboración propia).....	35
Fig. XV: Diagrama de flujo del proceso de lavado de formaciones férricas y sus componentes.....	37
Tabla II: Caracterización fisicoquímica de muestra tomada en cámara de inspección, proveniente del lavado de material rodante y piezas, complementado con material bibliográfico; y valores límites de vuelco a colectora pluvial más restrictivos de Res 336/03 de ADA y Red 283/19 de ACUMAR (ANEXO I).....	41
Tabla III: Comparativa entre valores establecidos para distintos parámetros según lo expuesto por la Res. 336/03 de ADA en su ANEXO B (A conducto pluvial), Res.283/19 de ACUMAR en su anexo A (A conducto pluvial) y en su anexo C - Uso III. Se resaltan en color gris los valores seleccionados.....	43
Tabla IV: Caracterización fisicoquímica de muestra tomada en cámara de inspección, proveniente del lavado de material rodante y piezas, complementado con material bibliográfico; y valores límites resultantes de la fusión de normativas.....	44
Fig. XVI: Alternativa I de tratamiento de efluentes líquidos provenientes de las actividades ferroviarias de limpieza.....	51
Fig. XVII: Alternativa II de tratamiento de efluentes líquidos provenientes de las actividades ferroviarias de limpieza.....	52
Fig. XVIII: Ilustración del sistema de rejillas de desbaste de limpieza manual con depósitos escurridos. Fuente: Google Foto.....	53
Fig. XIX: Esquema de un tamiz estático. Las flechas amarillas indican el sentido de circulación del agua. Fuente: Google imagenes - Elaboración propia.....	54
Fig. XX: Trampa de grasas convencional utilizado para la separación de material flotante en	

el tratamiento de efluentes. Fuente: Google Imágenes.....	56
Fig. XXI: Diagrama de un separador tipo API con las diferentes fases del proceso. Fuente: Tecniplant.....	59
Fig. XXII: Representación de un separador de placas CPI. Fuente: Sumio Water Systems.....	60
Fig XXIII: Esquema de un sistema de lodos activados aireado, con recirculación de biomasa y purga (Fuente: GEDAR - Elaboración propia).....	62
Fig. XXIV: Esquemización de un tanque de sedimentación primaria de sección rectangular. Fuente: Google Imágenes.....	63
Fig. XXV: Laguna aireada mecánicamente por medio de un sistema de cadenas flotantes de aireación. (Fuente: Aeration Argentina).....	66
Figura XXVI: Simulación de un tanque laberíntico destinado a la desinfección del efluente. Fuente: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/204158/20170508-catalogo-PLANTAS-de-TRATAMIENTO-de-aguas-RESIDUALES.pdf	67
Figura XXVII: Planta de tratamiento compacta que incluye un reactor de lodos activos, un sedimentador secundario rectangular y un tanque de cloración en un mismo módulo. Fuente: GESTAM ARGENTINA.....	68
Fig. XXVIII: Estructura de sacos filtrantes para tratamiento de fangos. (Fuente: SALHER). 72	72
Fig. XXIX: Ilustración de componentes de un lecho de secado. Fuente: Google fotos.....	73
Fig. XXX: Ilustración de centrifugadora de 3 fases para tratamiento de lodos. (Fuente: Hiller separation & process).....	75
Tabla VI: Matriz comparativa FODA para tratamientos primarios de separación física.....	76
Tabla VII: Matriz comparativa FODA para tratamientos secundarios y de almacenamiento de agua tratada.....	77
Tabla VIII: Caudales cloacal e industrial proveniente del lavado de piezas y formaciones... 80	80
Tabla IX: Valores adoptados para parámetros requeridos en el dimensionamiento de rejas, según rangos bibliográficos. Fuente: Elaboración propia.....	81
Tabla X: Geometría del sistema de rejas de sección circular. Fuente: Elaboración propia... 83	83
Tabla XI: Dimensiones de trampa de grasas.....	85
Tabla XII: Parámetros necesarios para diseñar el tanque de homogenización.....	88
Tabla XIII: Dimensiones y condiciones de operación del sistema de mezcla del tanque de homogeneización.....	89
Tabla XIV: Geometría del sistema de rejas de sección circular para efluente cloacal.....	90
Fig. XXXI: Plano del tamiz estático con referencia de las dimensiones necesarias para su construcción. Fuente: Aquaenergy Soluciones Técnicas.....	91
Tabla XV: Dimensiones para un tamiz estático modelo TES-12600.....	91
Tabla XVI: Características de los paquetes de placas coalescentes para un separador CPI... 96	96
Fig. XXXII: Relaciones trigonométricas para el dimensionamiento del separador de placas coalescentes. Fuente: Elaboración propia.....	97

Fig. XXXIII: Esquema de un reactor de mezcla completa con recirculación y purga. Fuente: Elaboración propia.....	100
Tabla XVIII: Parámetros seleccionados para el diseño de un reactor biológico, con base en la bibliografía consultada.....	101
Tabla XIX: Geometría del reactor biológico aerobio.....	102
Tabla XX: Dimensiones y condiciones de operación del sistema de aireación y mezcla del tanque biológico aeróbico.....	105
Tabla XXI: Parámetros de diseño del área de sedimentación del decantador secundario..	106
Tabla XXII: Geometría de la tolva.....	107
Fig. XXXIV: Vista frontal de la pantalla difusora de la zona de entrada al sedimentador secundario. Las letras representan los parámetros requeridos para su diseño. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Imágenes.....	109
Tabla XXIII: Configuración de placa difusora en zona de ingreso de un sedimentador secundario.....	110
Tabla XXIV: Parámetros de diseño de zona de salida del sedimentador secundario.....	111
Tabla XXV: Parámetros de diseño de cámara de desinfección laberíntica.....	113
Fig. XXXV: Dimensiones de la Cámara de extracción de muestra y medición de caudales. Elaboración propia a partir de la Disposición N° 9/2014 de ADA.....	115
Tabla XXVI: Dimensiones de un canal de separación de aguas oleaginosas del tipo API, discriminando cada uno de sus componentes.....	123
Tabla XXVIII: Parámetros seleccionados a partir de rangos de bibliografía - Metcalf & EDDY.	125
Tabla XXIX: Geometría de la laguna aireada mecánicamente.....	126
Tabla XXX: Parámetros de operación de la laguna aireada mecánicamente.....	128
Tabla XXXI: Dimensiones y condiciones de operación del sistema de aireación y mezcla de la laguna aireada mecánicamente.....	129
Tabla XXXII: Geometría de la laguna de sedimentación.....	131
Tabla XXXIII: Geometría de laguna de maduración.....	132
Tabla XXXIV: Parámetros de diseño de cámara de desinfección laberíntica.....	133
Fig. XXXVI: Corte transversal de un lecho de secado con sus componentes discriminados. Fuente: Google Imagenes.....	135
Tabla XXXV: Superficie ocupada por cada uno de los tratamientos que involucran la Alternativa I y II.....	136
Tabla XXXIX: Comparación de generación mensual de lodos generados en cada una de las alternativas (I y II).....	140
Tabla XL: Comparación de costos relativos a cada una de las alternativas propuestas.....	141
Tabla XLI: Matriz de Pugh para análisis de Alternativa I y II y elección de la más apropiada para el efluente en estudio.....	143
Tabla XLII: Identificación de los tramos de conducción que componen la planta de tratamientos de efluentes.....	148

Fig. XXXIX: Corte transversal de una tubería parcialmente llena. Fuente: Google Imágenes..
149

Fig. XLI: Depósito transitorio de residuos peligrosos fabricado bajo los requisitos que exige
la Resolución 177/17 - Ley N° 24.051. Fuente: Ecosan..... 158

Tabla LVIII: Calificación de impactos ambientales según el valor de importancia..... 203

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Preliminar

El ferrocarril es uno de los medios de transporte terrestre de mayor relevancia en todo el mundo, debido a su competitividad en consumo de combustible, economicidad, capacidad de carga para transportar mercancías y comodidad para pasajeros. Esto hace que, desde sus comienzos, este medio de transporte no haya dejado de desarrollarse para seguir en la actualidad a la vanguardia de la tecnología.

El primer ferrocarril surge en el año 1825, durante la era industrial, en la región de Durham en Gran Bretaña, como una forma de simplificar y ahorrar el extenso tiempo que conllevaba transportar toneladas de productos extraídos de las minas de carbón de piedra, hacia los diferentes puntos de manufacturación de los materiales, manualmente por medio de una carretilla. El vehículo de esa época consistía en una potente locomotora a vapor capaz de arrastrar seis vagones, cargados de hierro y carbón, junto con 35 diligencias y 20 carrozas ocupadas por 400 pasajeros. A partir de ese momento comienza la era del ferrocarril en el mundo, como una herramienta fundamental para la expansión de las economías, la ocupación de territorios y el transporte de pasajeros y mercaderías.

En el caso particular de Argentina, el transporte férreo arriba por el año 1857, diseñado para favorecer un esquema productivo del tipo agroexportador convergente al puerto de Buenos Aires. A partir de ese momento y en adelante, el sistema ferroviario sufrió fluctuaciones en la longitud de su red, un vaivén entre las concesiones otorgadas a empresas privadas y la propiedad del estado, y las líneas que lo conformaban, por conflictos en el área económica, de administración y planificación.

En la Figura I se presenta, por medio de un gráfico, una visión global de la situación histórica del ferrocarril en los mercados de transporte en que participa Argentina. Dentro de dichos mercados se encuentra el transporte de pasajeros y el de mercaderías, incluyendo una

amplia gama de productos, desde granos de alimento, como la cebada, maíz, soja, hasta el transporte de autopartes, materiales para la construcción, entre otros.

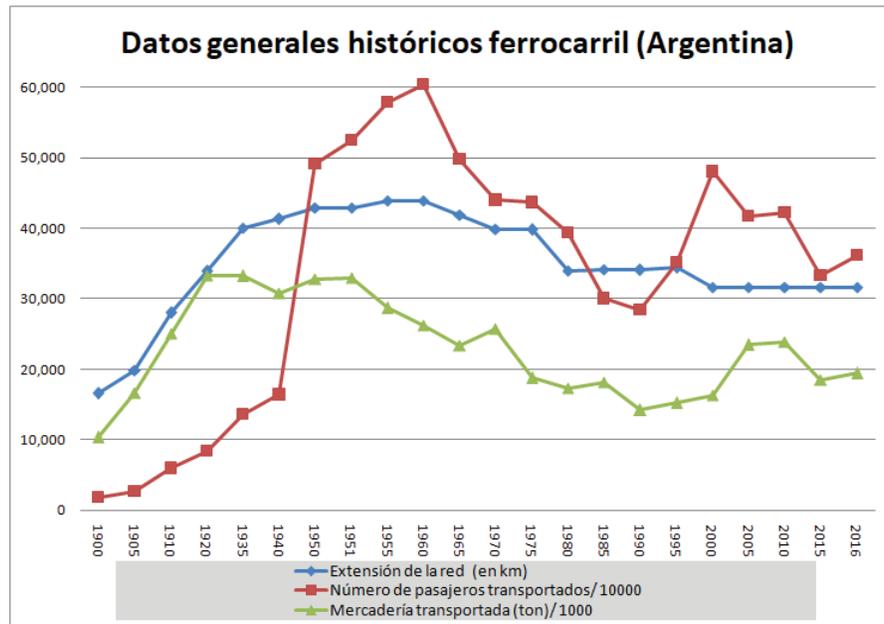


Fig.1: Evolución histórica en Argentina de la extensión de red del ferrocarril, el número de pasajeros y la mercadería transportada desde sus inicios hasta la fecha (Elaboración propia a partir de datos de CNRT y ONDAT)

En el gráfico se advierte un creciente aumento del transporte de mercaderías y pasajeros, consecuente con el aumento en la extensión de la red, desde los orígenes del ferrocarril, hasta la década del 50, donde se produce un recorte de la red para reducir el déficit económico que la misma provocaba. Esto último junto a la introducción de la industria automotriz al país, provoca la caída irrevocable de la utilización de este medio como transporte de pasajeros y mercaderías hasta principios de los años noventa. Luego, tuvo lugar una posterior recuperación del tráfico, producto de la implementación de concesiones, que también tuvieron un ciclo de crecimiento.

Haciendo énfasis en la última década, la extensión de la red ferroviaria se mantuvo constante, alcanzando un total de 31.000 kilómetros de vías operativas, por donde circulan los trenes de mercancías y de pasajeros. No obstante, se visualiza un aumento en el flujo de mercaderías y personas, en términos generales, a través de este medio. Esto último se traduce

en un incremento de la frecuencia del servicio y la necesidad de disponer de más vehículos para satisfacer la demanda creciente esperada.

1.2 Operadoras Ferroviarias

Actualmente, la empresa encargada de gestionar y operar la mayor parte de la red ferroviaria del país es Trenes Argentinos, empresa perteneciente al estado que se ramifica en 4 dependencias con diferentes obligaciones: Trenes Argentinos Operaciones (Operadora Ferroviaria Sociedad del Estado) encargada del servicio de transporte de pasajeros, Trenes Argentinos Cargas (Belgrano Cargas y Logística) quien se ocupa exclusivamente del servicio de transporte de cargas, Trenes Argentinos Infraestructura (Administración de Infraestructura Ferroviaria Sociedad del Estado) encargada de las obras ferroviarias, y Trenes Argentinos Capital Humano, quien se encarga de mejorar el estándar técnico y profesional. De todas formas, aún persisten concesiones con empresas privadas que operan determinados sectores de la red de transporte de cargas y de pasajeros.

En el ámbito del transporte de pasajeros metropolitano de la región del AMBA, se encuentran las siguientes líneas operadas por Trenes Argentinos Operaciones, especificadas en la Fig.II: Bartolome Mitre, Sarmiento, General Roca, San Martín y Belgrano Sur. La línea General Urquiza y Belgrano Norte son operadas por concesionarios privados. Los servicios regionales y de larga distancia son operados por TAO.

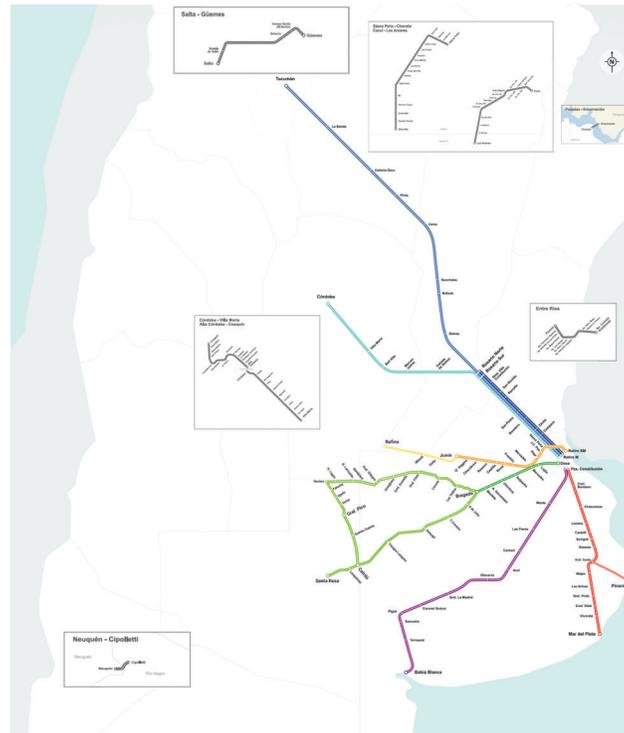
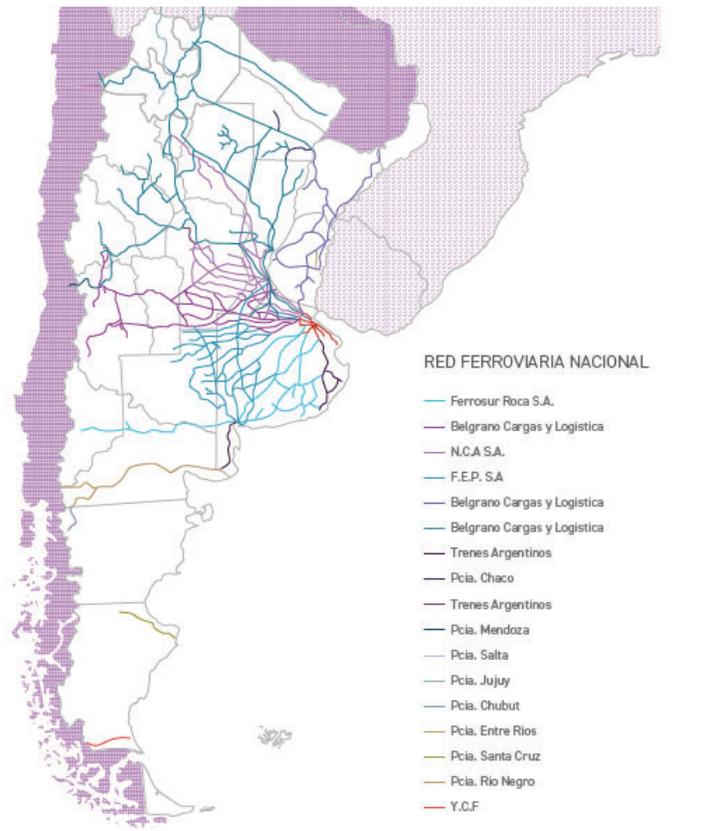


Fig. II: Extensión de red ferroviaria operativa no concesionada para el transporte de pasajeros en Argentina. Los tonos azules representan los ramales de la Línea Bartolomé Mitre. El color amarillo a la Línea San Martín. En color verde, la Línea Sarmiento. En color violeta y rojo la Línea General Roca. Los recuadros en el interior del mapa representan los servicios regionales en las distintas provincias (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Transporte)

En cuanto al transporte de cargas, la empresa Belgrano Cargas y Logística administra y opera la ex Belgrano Cargas y Logística, líneas San Martín y Urquiza. Además, existen tres operadores privados que manejan la operación de los servicios de cargas en el país: Nuevo Central Argentino SA, Ferroexpreso Pampeano S.A. y Ferrosur SA (Fig. III).



*Fig.III: Extensión de red ferroviaria para el transporte de cargas en Argentina operados por empresas concesionadas
(Fuente: Trenes Argentinos Cargas)*

1.3 Material rodante ferroviario

Dentro del transporte por ferrocarril, se conocen como material móvil y material rodante a todos los tipos de vehículos dotados de ruedas, capaces de circular sobre una vía férrea, considerándolos como vehículos aislados.

Una composición ferroviaria denominada formación y, fuera del ámbito ferroviario, tren, consiste en uno o más vehículos enganchados entre sí (Sandoval, 2008). En el ámbito ferroviario, la palabra tren se aplica a una composición formada por un personal de conducción,

una hoja de ruta con un itinerario y sus horarios, y una consigna para circular por una determinada línea.

Dentro de los distintos tipos de material rodante, también existen los trenes de servicio, que son aquellos vehículos de vía, internos de la empresa férrea, utilizados normalmente para trabajos de mantenimiento o renovación de la infraestructura ferroviaria. Estas unidades no son de relevancia para el presente proyecto.

De ahora en adelante, se llamará indistintamente formación o tren al material rodante formado por un vehículo motor y uno o más vehículos remolcados.

- Vehículo motor o locomotora: Se denomina de esta manera a cualquier tipo de vehículo autopropulsado empleado en vías férreas, cuyo objetivo es darle tracción al material remolcado. Dependiendo del tipo de energía que se utiliza para la tracción se clasifican en:

Vapor: Convierte la energía térmica (calor) en energía mecánica (trabajo) por medio de una caldera, donde se produce la quema de carbón y se transforma el agua en vapor, generando presiones muy altas para empujar un pistón dentro de un cilindro. Actualmente, este tipo de maquinaria se encuentra en desuso.

Combustible líquido: Son propulsadas por motores diesel de combustión interna encargados de generar el movimiento. Dependiendo de cómo se transmite la energía se dividen en locomotoras diesel - mecánicas en donde el motor diesel se acopla a una caja de cambios mecánica a través de un embrague, análogo al funcionamiento de un automóvil; y las locomotoras diesel - eléctricas, cuyo motor acciona un generador eléctrico que suministra la energía necesaria para activar el motor eléctrico, que provee el movimiento a la máquina.

Eléctricos: Son aquellas locomotoras alimentadas por una fuente externa de energía eléctrica (catenaria, tercer riel o por medio de un dispositivo de almacenamiento a bordo como ser baterías). La energía se transmite a través de un elemento denominado pantógrafo incluido en el tren. Los motores empleados en este sistema son de corriente continua o alterna (mayor utilizada en la actualidad).

- Vehículo remolcado: Son aquellos materiales rodantes ferroviarios que tienen su propia autonomía, y pueden acoplarse a un vehículo motor para formar un tren. Los mismos no tienen tracción propia y se clasifican en:
 - Coche: Vehículos destinados al transporte de pasajeros.
 - Vagón: Vehículos destinados al transporte de mercaderías. Existen diferentes configuraciones, diseñadas para transportar mercaderías específicas como son las tolvas, cisternas, vagones cerrados, etc.
- Coche motor: Material rodante que combina las características de un vehículo motor y uno remolcado, es decir que la misma caja permite el transporte de pasajeros con fuerza motriz propia. Se dividen según la tradición, en diésel o eléctricos.

La configuración de la formación dependerá de las actividades, la vía de circulación y necesidades del servicio que se ejecute. Para el caso del transporte de pasajeros, regularmente se compone de una locomotora con tracción diésel o eléctrica, según la vía presenta un método de alimentación eléctrica o no, y 9 coches remolcados, como se muestra en la Fig. IV.

La mayoría de vehículos que se utilizan en la actualidad constan de aproximadamente 22 metros de largo y 3 metros de alto.



Fig.IV: Foto de formacion diesel de la Línea General Roca (Fuente: Google Imágenes)

Cada unidad descrita anteriormente comprende dos elementos fundamentales: la caja y el bogie, los cuales se enlazan a través de una cantidad de elementos mínima para reducir al máximo la fricción.

- Caja: Cubículo en cuyo interior se sitúan los viajeros, la mercancía, los motores, etc., según el tipo de vehículo.
- Bogie: Conjunto-estructura que soporta un número determinado de ejes (dos o tres), conectado de manera articulada al bastidor de un vehículo ferroviario y que puede ir equipado con un variado número de sistemas o elementos accesorios. La diversidad de bogies es casi tan extensa como los vehículos existentes (RENFE, 65545). Cada vehículo se diseña para unas prestaciones específicas y sus bogies o sistemas de rodadura se ajustan a estas. Por ello se limitará a la clasificación según su función:
 - o Bogie motor: Son los bogies en los que todos o alguno de sus ejes proporcionan tracción al vehículo, bien sea eléctrica o diésel, portando motores y transmisiones.
 - o Bogie portante: Estos bogies no proporcionan tracción al vehículo, sólo proporcionan la sustentación de la caja y el guiado de la misma, junto con otros aspectos como puede ser la amortiguación, sistema de freno, elementos auxiliares, etc.

Los principales elementos que se distinguen en el bogie son los siguientes, representados en la Fig.V:

- Bastidor: El bastidor del bogie es una estructura rígida totalmente soldada y que puede ser de diversas formas, dependiendo del vehículo y del número de ejes que sustenta y que en la mayoría de los bogies de dos ejes suelen tener forma de H o de 8, constituida por la unión soldada de dos largueros y una o varias traviesas o travesaños
- Eje montado: Conjunto de rodadura formado por dos ruedas unidas fijamente por un eje común.
- Caja de grasa: Elemento cuya misión es asegurar la unión entre los ejes y el bastidor del bogie, y facilitar la rodadura del eje montado. Permite la transmisión de los esfuerzos de tracción y frenado entre los ejes a la masa del vehículo y lubrica las partes metálicas disminuyendo el rozamiento y el calentamiento en las mismas.

- Suspensión: Es el encargado de soportar su peso y permitir su movimiento elástico controlado sobre sus ejes. Asimismo, absorbe la energía producida por las irregularidades de la vía manteniendo la estabilidad del vehículo, proporcionando seguridad y aportando mayor confort a los pasajeros o carga que se transporta. La suspensión ferroviaria es doble: primaria y secundaria. La suspensión primaria tiene como misión absorber las irregularidades del carril y deformaciones geométricas de la vía, está situada entre las cajas de grasas y el bastidor del bogie. La suspensión secundaria es la encargada de absorber tanto las vibraciones en dirección vertical, como también en dirección lateral.
- Elementos de freno: El freno actúa sobre la banda de rodadura de las ruedas o sobre discos dispuestos en la zona central del eje montado o en el propio disco de las ruedas. Existen diferentes componentes del sistema de freno que dependen del tipo de vehículo y del tipo de rodadura que posea.
- Reductor/Transmisión: Estos sistemas son los encargados de transmitir los esfuerzos de tracción y de freno motor a los ejes de las ruedas.
- Equipos de Propulsión (Motores): Los bogies motores (en vehículos de tracción eléctrica), llevan motores de tracción suspendidos del bastidor del bogie, que accionan cada eje por medio de un acoplamiento y un reductor calado en el eje. El conjunto de la motorización es el encargado de proporcionar los esfuerzos de tracción y frenado eléctrico a los ejes motores.

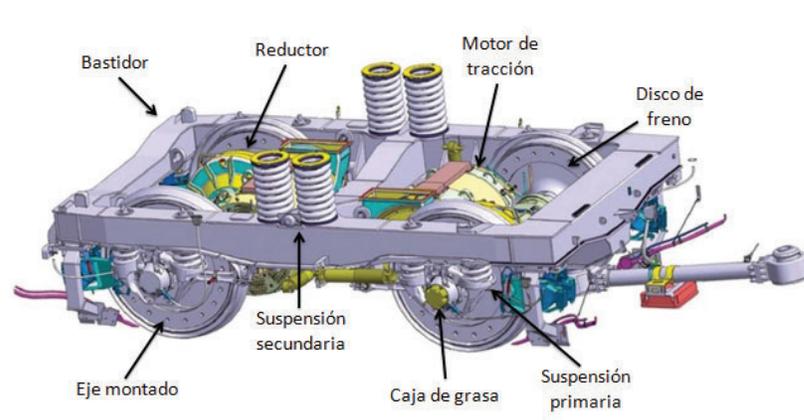


Fig. V: Bogie de vehículo motor. Identificación de los elementos base del sistema, necesarios para el correcto funcionamiento del vehículo. Fuente: Elaboración propia a partir de RENFE.

CAPÍTULO II. DIAGNÓSTICO DEL CASO

2.1 Descripción del sitio

En el partido de Lanús se encuentra un taller ferroviario operado por la empresa del estado, Trenes Argentinos Operaciones, en el cual se desempeñan tareas de mantenimiento, reparaciones y alistamiento de locomotoras, coches remolcados y coches eléctricos, posibilitando la ejecución del servicio de transporte de pasajeros de la Línea General Roca, en las condiciones óptimas (Fig.VI). La línea Roca cuenta con 9 ramales, 369,4 km de línea de servicios y 79 estaciones.



Fig. VI: Ubicación geográfica del predio, Remedios de Escalada, Lanús. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

2.1.1 Actividades y sectores del predio

Las actividades específicas que se desarrollan en el predio en estudio se listan a continuación:

- Almacenamiento de materias primas e insumos

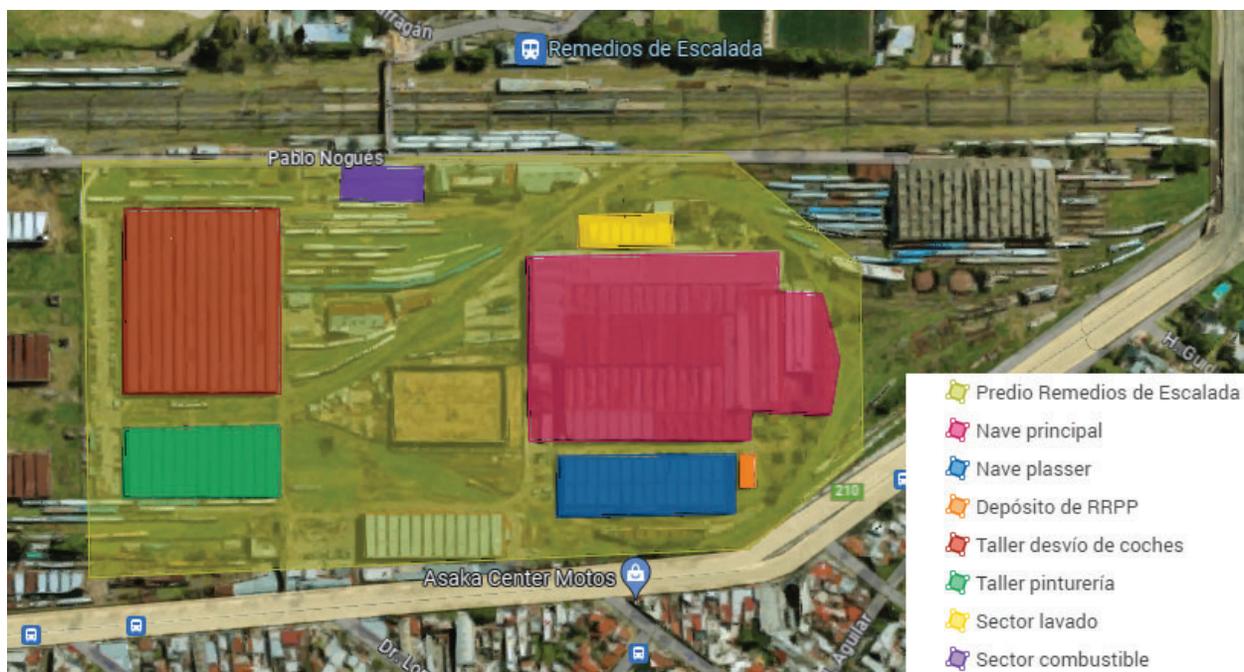
- Acumulación de material en estado de abandono
- Manejo de efluentes líquidos
- Manejo de residuos peligrosos
- Cambio de aceite
- Suministro y carga de tanques de combustible
- Soldadura en general.
- Mantenimiento de instalaciones eléctricas y estructuras.
- Mantenimiento correctivo, eléctrico e hidráulico
- Reparación mecánica de locomotoras y coches
- Cambio de baterías
- Reparaciones de vías y obras
- Pintura

Para el desarrollo de sus actividades el Taller cuenta con los siguientes sectores, representados en la Figura VII:

- Sector lavado de locomotoras y piezas: En esta área se realiza el lavado de las locomotoras, así como también el lavado de las partes de la carrocería que van a ser reparadas por separado, como bogies, motores, partes de ruedas, entre otros.
- Nave Principal: Este sector alberga diferentes áreas con sus respectivas actividades:
 - Nave diesel: La actividad principal del taller es la de preparar a las locomotoras para salir a servicio.
 - Taller de locomotoras: En él se realizan tareas de mantenimiento correctivo de las máquinas, según las circunstancias dadas.
 - Nave Bogies: La principal actividad es el mantenimiento de los bogies incluyendo par montado, eje, llantas, timonería de freno y zapatas.

- Taller de mecanizado y órganos de parque: Las tareas consisten en el perfilado del material rodante tales como torneado de ruedas, de discos de freno de los ejes montados, etc.
- Nave máquinas rotativas y eléctricas: Las tareas de este taller consisten en el mantenimiento y reparación de los generadores, motores de tracción, etc. Asimismo se realizan tareas de retoques de pintura de manera manual con la ayuda de pinceles.
- Nave Desvío de Coches: Esta área se subdivide en dos secciones. En una de ellas se desarrollan tareas referidas a la revisión y el mantenimiento de los coches eléctricos, y en la otra, del material remolcado.
- Taller de pintura: En este sector se utilizan compresores para aplicar, de manera manual, la pintura, tanto a la carrocería, como a puertas y ventanas que así lo requieran.
- Taller de reparación vía y obra (Nave Plasser): La actividad que se realiza en el taller corresponde al mantenimiento de las vías y obras del ferrocarril, tales como regulación y perfilado del balastro, renovación y construcción de vías, entre otras.
- Depósito de Residuos Peligrosos: Es un recinto diseñado para el almacenamiento de los residuos peligrosos que se generan en los diferentes sectores del predio.
- Sector combustibles: Esta zona está destinada al acopio de gas oil y aceite, insumos básicos y necesarios para el funcionamiento de las máquinas tracción diésel-eléctrico. Los tanques de almacenamiento de hidrocarburos, son los medios de almacenamiento para acopio y distribución interna. Las instalaciones principales de este sistema son: Sector de Descarga (Zona destinada al estacionamiento del camión cisterna para la descarga del combustible); Sector de Acopio (Tanque o conjunto de tanques destinados al acopio del combustible); Surtidor (Isla o conjunto de islas en las cuales se disponen del/los equipo/s para abastecer los vehículos o fraccionar el hidrocarburo almacenado a granel)

En referencia a la temática ambiental, la empresa tiene como finalidad la recomposición de aquellos sectores degradados a lo largo de los años, fruto de la actividad ferroviaria, a través de la incorporación de la fauna nativa. Dada esta situación, se tomó y delimitó como prueba piloto un espacio del predio en el cual, en conjunto con el ente ACUMAR, se plantaron diferentes especies autóctonas.



*Fig. VII: Delimitación de sectores operativos del predio ferroviario de Remedios de Escalada, Partido de Lanús.
Fuente: Elaboración propia en Google Earth*

De acuerdo a lo detallado anteriormente, el predio cuenta con un sector específico, donde se desarrollan actividades que requieren la utilización de agua y diferentes productos químicos para la limpieza de locomotoras, coches y piezas constituyentes de la carrocería. Como resultado se generan efluentes líquidos que se vierten a la red pluvial, atravesando previamente por un tanque separador simple de grasas y aceites. El sistema de tratamiento actual no es suficiente para tratar el efluente en cuestión, resultando en un incumplimiento de los parámetros de vuelco que exige la normativa.

La empresa es auditada periódicamente por el organismo de control, Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT), quien ha resuelto que se deben tomar acciones

inmediatas ante esta problemática, e impuso un plazo de vencimiento de un año, para la resolución de dicha falta.

2.2 Objetivo del proyecto

2.2.1 Objetivo general

Acondicionar las aguas residuales que se generan en el predio de Remedios de Escalada, resultantes del mantenimiento y alistamiento de los distintos componentes de coches y locomotoras, a través del diseño y dimensionamiento de un sistema de tratamiento de efluentes líquidos.

2.2.2 Objetivos específicos

- Obtener un efluente cuyas características fisico-químicas no sobrepasen los límites establecidos por la normativa;
- Reutilizar el efluente tratado en la limpieza de la maquinaria.

2.3 Ubicación

El predio en estudio es un taller que comprende 18 hectáreas de superficie, ubicado sobre la traza del ferrocarril General Roca, que presta servicios entre las estaciones Constitución, Ezeiza y Alejandro Korn, sobre un terreno próximo a la Estación Remedios de Escalada, Partido de Lanús, Provincia de Buenos Aires.

La estación Remedios de Escalada es una estación intermedia del Ferrocarril General Roca donde circulan trenes, tanto eléctricos como diesel. El acceso de vehículos se realiza por la calle 29 de Septiembre al 3501.

Para el emplazamiento de la planta de tratamiento de efluentes, se identificó una zona actualmente inactiva del total de terreno (Fig. VIII), donde se ubican diferentes galpones en estado de abandono (área roja), los cuales previamente se inspeccionarán para evaluar la calidad de las estructuras para ser reutilizados en instalaciones que requiera el proyecto. En

caso contrario, serán demolidos para propiciar el emplazamiento de este proyecto. En otros sitios de esta zona, los terrenos permanecen baldíos. El área verde demarca la zona operativa del predio.



Fig. VIII: Delimitación de sectores inactivos en color rojo y sectores activos en color verde del predio de Remedios de Escalada, Partido de Lanús. Fuente: Elaboración propia en Google Earth

2.3.1 Partido de Lanús

El partido de Lanús forma parte de la Provincia de Buenos Aires, específicamente en el cordón del territorio que rodea a la Ciudad de Buenos Aires por el lado Sur. Su barrera natural es el Río de la Matanza o Riachuelo, afluente del Río de la Plata, que sólo se ve interrumpido por el Puente Alsina. Hacia el noreste limita con el Partido de Avellaneda, al sudeste con el Partido de Quilmes, y por el sur y oeste se encuentra el Partido de Lomas de Zamora.

De acuerdo a los resultados arrojados por el Censo del 2010, el partido de Lanús cuenta con una población de 459.263. Cubre una superficie de 48,35 km² con una cantidad de 3.621 manzanas y se encuentra a 58°36' de longitud oeste y 34°42' de latitud sur.

Lanús se divide en 6 localidades, según se identifica en la Fig.IX, que a su vez están conformadas por diferentes barrios. Ellas son: Lanús Oeste, Lanús Este, Remedios de

Escalada, Gerli, Valentín Alsina y Monte Chingolo. Particularmente, Remedios de Escalada, será la localidad de emplazamiento del proyecto.

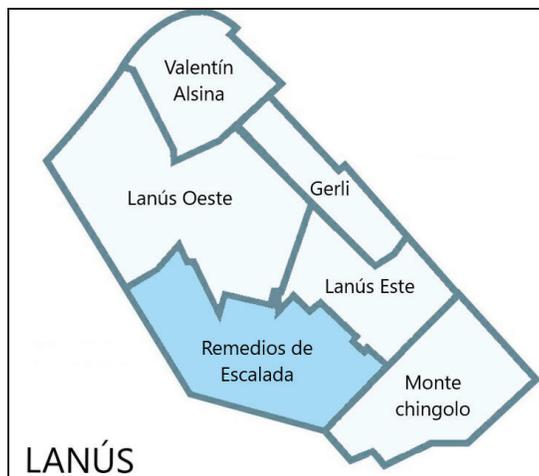


Fig. IX: Ubicación de la localidad de Remedios de Escalada en el partido de Lanús. Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Cuenca matanza - Riachuelo

El río Matanza - Riachuelo, tributario del Río de La Plata, es una cuenca fluvial que abarca aproximadamente 2.200 km², considerada la cuenca más contaminada de la Argentina y el problema ambiental con mayor visibilidad en el país. Se origina por la confluencia de los arroyos Cañuelas, Chacón y Morales en la Provincia de Buenos Aires y el Cildañez, actualmente entubado, en la Ciudad de Buenos Aires, en un curso principal llamado Matanza en sus orígenes y Riachuelo en el tramo final. Todos estos cursos de agua se encuentran altamente contaminados.

La cuenca se divide en tres áreas debido a razones geográficas, políticas, sociales y a las diversas problemáticas que atraviesan las regiones: Cuenca Alta, Cuenca Media y Cuenca Baja.

Dicha cuenca abarca parcialmente algunas comunas pertenecientes a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y 14 partidos de la provincia de Buenos Aires: 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 (Fig. X). Se

trata de un territorio con una alta densidad poblacional. Los datos del Censo del 2010 arrojan que más de 8 millones de personas habitan la región.

CUENCA MATANZA RIACHUELO: SUBCUENCAS

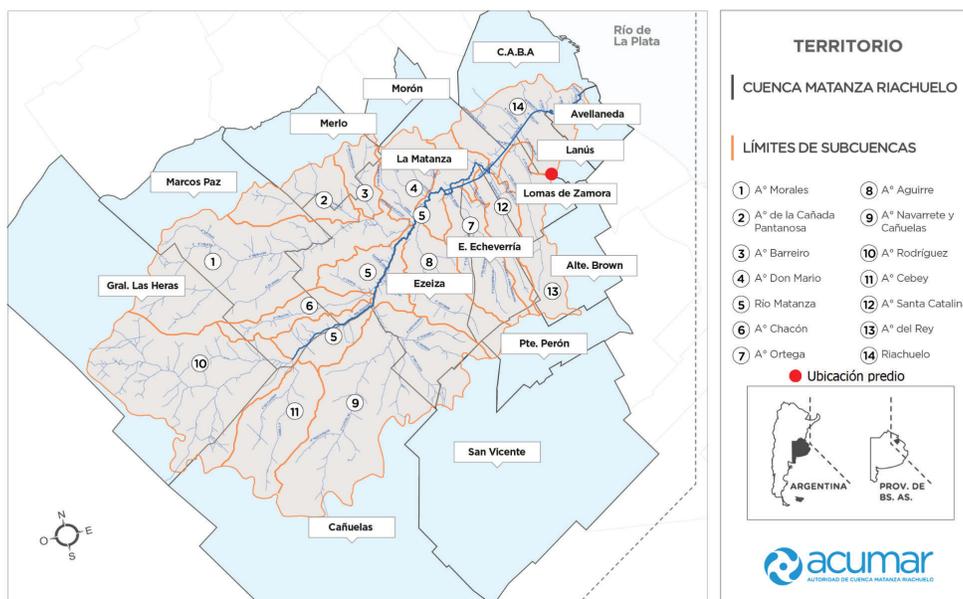


Fig. X: Mapa de la cuenca Matanza-Riachuelo, delimitando las subcuencas y la ubicación del predio. Fuente: ACUMAR, 2023

La Cuenca Matanza Riachuelo sufre una degradación histórica. Desde los inicios del período colonial se hicieron evidentes los problemas de contaminación.

Con respecto a las industrias que se instalaron en la Cuenca, los rubros de mayor importancia son el textil, alimenticio, petroquímicas, químicas, galvanoplastia, y empresas farmacéuticas, destacándose una mayor concentración en la zona portuaria de La Boca, Lanús, Avellaneda y Lomas de Zamora y también en el límite entre La Matanza y Capital Federal (Acumar, 2010).

Si bien es cierto que el objetivo del proyecto prioriza la reutilización del agua tratada, se contempla una descarga al sistema pluvial más cercano. Esto no es más que un método precautorio ante cualquier eventualidad que pudiera surgir en el proceso, como ser una interrupción sostenida de las actividades planificadas por circunstancias extraordinarias, deviniendo en un desborde del caudal que deba ser evacuado. Es por ello que, resulta vital

conocer los principales cuerpos de agua y sus afluentes. En este sentido, de la Fig. X surge que el proyecto impactaría en la subcuenca del Riachuelo.

2.4 Marco legal

Con el fin de abarcar todos los aspectos legales aplicables a la zona de inserción del proyecto para cumplimiento del objetivo desarrollado, se procede a listar las normativas Nacionales, Provinciales y particularmente los límites permisibles que deben ser cumplidos:

2.4.1 Nacional

Artículo N° 41 CN - 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 la obligación de recomponer el daño ambiental generado.

Ley N° 25.675 - Ley General del Ambiente: Determina los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, contemplando las siguientes determinaciones relacionadas con los pasivos ambientales: Principios de la Política Ambiental, Competencia Judicial, Instrumentos de política y gestión, Evaluación de Impacto Ambiental, Seguro Ambiental y fondo de restauración, Sistema Federal Ambiental, Daño Ambiental y Fondo de Compensación Ambiental.

Ley N° 24.051 - Residuos Peligrosos y su decreto reglamentario 831/93: Regula la identificación y gestión de los residuos peligrosos

Res. 607/12 - Cámara de Toma de Muestras y Medición de Caudales: 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.

2.4.2 Provincial

Artículo N° 28 Constitución de la Provincia de Buenos Aires - Derecho a gozar de un ambiente sano y deber de conservarlo y protegerlo en su provecho y en el de las generaciones futuras.

Ley N° 11.723 - Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. 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, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica.

Ley N° 11.720 - Residuos especiales: 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° 5965 - Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera

Ley 12.257- Código de Aguas: Establece un régimen de protección, conservación y manejo del recurso hídrico en la Provincia de Buenos Aires.

Disp. 1592/94 - 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

2.4.3 Límites permisibles

Res. 336/03 - Establece las ramas industriales sujetas a tratar sus efluentes caracterizándose con un nivel de riesgo de 0 a 4. También fija los parámetros de vuelco admisibles.

Res. 283/19 - Autoridad de cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR):

- ANEXO A - Tabla consolidada de control de límites de vertido de efluentes líquidos;
- ANEXO B - Control de los límites de la carga másica del efluente vertido;

- ANEXO C - Características y valores de parámetros asociados a los usos/ objetivos de calidad establecidos y a establecer en forma progresiva para las aguas superficiales en la cuenca hídrica Matanza Riachuelo y sus subcuencas

Decreto 847/16 (Provincia de Córdoba) - Valores límites de los parámetros del agua residual para reutilizarse en el lavado de vehículos

2.5 Descripción del proceso de lavado

Los talleres ferroviarios tienen necesidades concretas, con el objetivo de mantener el parque de maquinaria, trenes y material auxiliar del ferrocarril en buen estado. Por esa razón, se realizan mantenimientos preventivos, adecuándose a las horas de uso del material rodante. Igualmente, los mantenimientos correctivos en los vehículos de viajeros y mercancías son trabajos habituales en el sector del mantenimiento ferroviario. Como se mencionó anteriormente, el predio presenta un espacio dedicado al lavado de locomotoras, coches remolcados y piezas. Este sector se divide en dos áreas, de acuerdo a la frecuencia de lavado y las características de las tareas que se ejecutan.

2.5.1 Alistamiento de coches y locomotoras

Esta etapa consiste en el lavado íntegro de la locomotora y de las formaciones, tanto eléctricas como diesel. El lavado está sujeto a la disponibilidad de la vía de lavado y de la autorización, por el área correspondiente, de las formaciones para dicho trabajo. Para ello, las tareas requieren de la diagramación previa, acoplándose al servicio de pasajeros o mercancías. Para mayor efectividad del trabajo, tanto la hora de entrega de la formación para lavado, como la entrega de la formación acondicionada deberá ser registrada por el área ejecutora en el libro de novedades. La tarea es efectuada por cuatro operarios en simultáneo. Dos operan una máquina hidrolavadora (con la cual afloja la suciedad) y los restantes, mediante un cepillo, aplican el producto limpiador y remueven las zonas complejas.

Procedimiento de Trabajo:

- a) Ubicación de Locomotora y Coches remolcados: La locomotora ingresa a la plataforma de lavado (Fig. XI) y se detiene en la punta de la misma, de manera de quedar ubicada en su totalidad en el área delimitada, evitando que los efluentes provenientes del lavado escapen del sistema de contención. Se deberá verificar que las puertas y ventanas se encuentren cerradas así como se verifica que la máquina esté apagada.

La plataforma consiste en un espacio techado con pasarelas a dos alturas ubicadas paralelamente a la vía de estacionamiento de la formación. El agua residual es recolectada por medio de rejillas ubicadas en los laterales de la vía de lavado, y es conducida hasta el desagüe pluvial.



Fig.XI: Plataforma destinada al lavado de formaciones correspondiente a la empresa Trenes Argentinos Operaciones, ubicada en el predio de Remedios de Escalada, partido de Lanús. Fuente: Elaboración propia.

- b) Preparación de elementos y lavadora de trabajo: El siguiente paso es encender la máquina de lavado (Fig. XII), confirmar la sujeción de las mangueras de entrada y salida de agua, controlar la temperatura de la máquina y la presión de salida. Paralelamente, se prepara la dosificación del producto de limpieza a aplicar mediante cepillado manual. En este proceso se utiliza un líquido biodegradable, el cual actúa como desengrasante,

fosfatizante y desoxidante, y es completamente miscible en agua en cualquier proporción y no inflamable, con la seguridad de que permita el tratamiento de cualquier tipo de metal sin perjudicarlo. Cada uno de los operarios utiliza guantes, equipo o capa para agua y botas, protección facial u ocular y casco de seguridad reglamentario.



Fig. XII: Hidrolavadora empleada en el proceso de lavado. Fuente: Elaboración propia

- c) Tarea propiamente dicha: El operario que emplea la hidrolavadora, comienza con el lavado externo, sobre un área específica, y luego le da paso a su compañero para que aplique el producto de limpieza con el cepillado manual. El encargado del hidrolavado repite la operación en otra área de la locomotora y vuelve a darle paso al cepillador. Esta operación se repite hasta haber concluido con todos los lados visibles del vehículo. Una vez cepillada totalmente, se le realiza un enjuague final con la hidrolavadora. La locomotora y/o coches secarán solos.

2.5.2 Limpieza y restauración de piezas

Las piezas que constituyen la locomotora y coches, son sometidas a un proceso de limpieza individual cuando presentan elevada suciedad o cuando deben ser reparadas, para

que posteriormente el personal de mantenimiento pueda acceder de forma cómoda a las distintas fases de desmontaje y montaje de subconjuntos y piezas.

En esta etapa, se trabaja principalmente con los elementos mencionados en el apartado 1.3 integrados en el bogie. Es por ello que debe retirarse el mismo y proceder a la labor. Al ser estructuras pesadas en donde descansa la caja del vehículo, conlleva gran dificultad para su retiro. Para ello se utilizan sistemas de elevación preparados para levantar desde trenes completos hasta bogies (Fig.XIII).



Fig.XIII: Sistema de elevación para vehículo ferroviario, compuesto por cuatro columnas con uña para sujeción de la maquinaria y elevación por medio de un tablero de control. Fuente: Elaboración propia

Procedimiento de trabajo:

- a) Desacoplamiento de bogies: La formación se posiciona entre las cuatro columnas del sistema. Un operario mediante un tablero de control extiende las uñas que poseen las columnas, hasta calzar en la parte superior de la formación. Paso seguido, se asciende el coche hasta una altura que permita a los operarios el desacoplamiento de los bogies. Durante la etapa de tratamiento de los componentes inferiores de la formación, la parte superior permanece asentada sobre bogies provisionales o se colocan nuevos en caso de avería irrecuperable.

- b) Traslado hacia zona de lavado: Una vez desconectado, cuatro operarios deslizan el bogie por la vía, alejándolo de la zona de cobertura del coche, y luego se trasladan a una vía preparada con una fosa para la inspección visual y revisión del equipamiento que se encuentra en la parte inferior (Figura XIV). Dicha fosa cuenta con rejillas laterales para el drenaje de los líquidos residuales provenientes de la limpieza de los elementos, los cuales se mezclan con los líquidos provenientes del saneamiento de locomotoras y coches para ser descargados en el desagüe pluvial.



Fig. XIV: Fosa utilizada para la limpieza de piezas y consiguiente inspección y revisión. (Fuente: Elaboración propia)

- c) Tarea propiamente dicha: En primera instancia, se realiza una limpieza profunda con la hidrolavadora, para quitar los gruesos. Posteriormente, se limpian en detalle con estopas y franelas empapadas en el producto limpiador.

El detergente utilizado en este proceso, a diferencia del anterior, se encuentra formulado para la remoción de todo tipo de grasas pesadas, carbones, tintas y otra suciedad que confiera gran dificultad. Este detergente es un desengrasante que se utiliza para eliminar la suciedad de la superficie metálica. Dicha suciedad puede ser orgánica, como aceites y grasas, o inorgánica como partículas de arena o sales. Se utiliza un desengrasante alcalino para evitar el ataque al metal base. En esta etapa, ocurre un proceso denominado saponificación del aceite por alcalis a pH muy elevado, obteniendo un aceite emulsificado. El producto utiliza aceite que está compuesto por Hidróxido de Sodio (Soda Cáustica), 2-Butoxietanol (Butilglicol),

EDTA Tetrasodico, Xilensulfonato de Sodio (Emulsionante SXNA). Su forma de uso es diluida en agua.

Finalmente, se efectúa el aclarado removiendo la solución desengrasante mediante agua. Con el objetivo de evitar que los bogies, al terminar de lavarse, salgan escurriendo y puedan formar charcos de agua en las inmediaciones de la zona de lavado, estos al ser aclarados se someten a un proceso de soplado con aire a presión.

Las aguas resultantes de ambos procesos confluyen hacia una misma zona donde se mezclan y se descartan en los sistemas pluviales.

En la Fig.XV se esquematizan las actividades descritas anteriormente que conforman el proceso de limpieza de las formaciones.

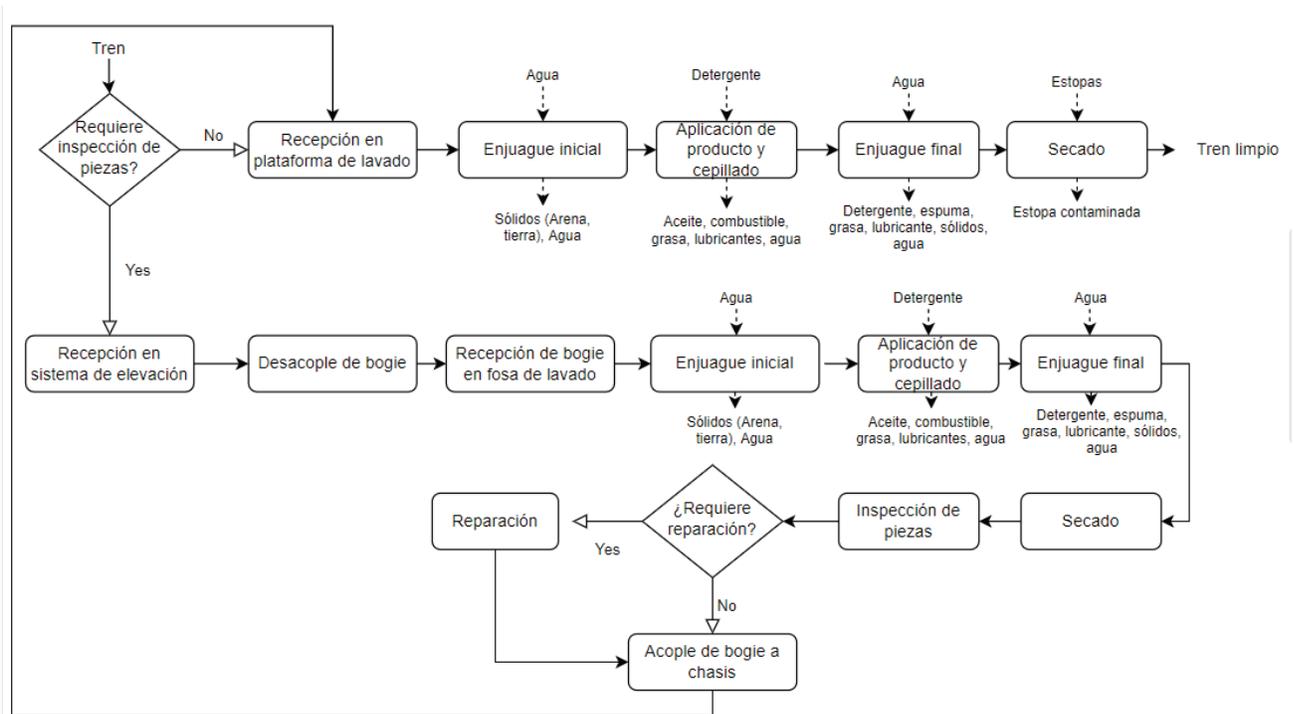


Fig. XV: Diagrama de flujo del proceso de lavado de formaciones férricas y sus componentes

2.6 Efluentes característicos del lavado de vehículos

El efluente de un taller de vehículos ferroviarios se genera en lugares donde se lavan máquinas, se realiza el mantenimiento de los componentes de dichos vehículos y en lugares donde se descargan sustancias líquidas.

La actividad es muy similar al lavado y mantenimiento de otros vehículos propulsados por motores de combustión, como automóviles y camiones. Considerando esta premisa, el efluente generado por las actividades de limpieza de vehículos, en general puede contener cantidades significativas de aceites y grasas, sólidos en suspensión, metales pesados, tensioactivos y sustancias orgánicas. Puede contener líquido hidráulico y aceite del motor y del sistema de frenos. Por tanto, su composición es bastante compleja, constituyendo una fuente importante de DQO (Teixeira, 2003).

Las cantidades de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) provocan el agotamiento del oxígeno disuelto (OD) en la corriente receptora. El aceite y la grasa pueden cubrir las branquias de los peces y provocar su muerte, los hidrocarburos tóxicos son fatales para la vida acuática y los seres humanos, mientras que la grasa puede provocar la pérdida de la capacidad hidráulica de las alcantarillas y la contaminación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento de residuos que contienen detergentes es uno de los mayores problemas de la ingeniería sanitaria. Estos compuestos contienen nutrientes como fosfato y nitrógeno total además de compuestos fenólicos, que afectan las propiedades organolépticas del agua. Pueden provocar la formación de emulsiones estables que dificultan su eliminación (Teixeira, 2016). Tras su liberación, pueden provocar la formación de espumas deformadas en los cuerpos de agua, facilitando el transporte de una serie de microorganismos, principalmente bacterias, y ejerciendo el papel de vehículo parasitario. Debido a que se encuentra en altas concentraciones y a la dificultad de eliminarlo en las etapas de tratamiento, los detergentes son una de las principales preocupaciones en la eliminación de contaminantes de este tipo de aguas residuales.

2.7 Reutilización del efluente

El agua es un recurso natural no renovable y es el principal insumo para la actividad de un lavadero de vehículos ferroviarios. Considerando que este recurso se torna cada vez más escaso, debido a su explotación y contaminación, es necesario implementar medidas de adaptación y mitigación. Esto implica el desarrollo de infraestructuras resilientes al clima, la implementación de prácticas sostenibles de gestión del agua, la promoción de la eficiencia hídrica y la diversificación de las fuentes de abastecimiento. El lavado de vehículos resulta uno de los rubros industriales con mayor impacto ambiental en el recurso agua, ya que confieren un uso desmedido de agua potable y la descarga de aguas residuales, se dan sin realizar tratamiento alguno sobre las mismas (Carrasquero et al., 2015).

Es por ello, que el objetivo de este proyecto es reutilizar el efluente resultante del proceso de tratamiento, como insumo para las actividades de lavado. También se incorporarán en el tratamiento las aguas negras procedentes de los sanitarios y vestuarios que se hallan en el predio. Se estima que esta adición de volumen no sea significativa para los costos del proyecto y a su vez, se verá amortizada a largo plazo por los problemas de escasez de agua que se proyectan a futuro, según lo mencionado anteriormente.

2.8 Caracterización del efluente

De acuerdo a la investigación realizada, se prestará especial atención a los parámetros que se describen a continuación, siendo los de mayor relevancia para las aguas residuales provenientes del lavado de vehículos:

- Caudal: Es el volumen de agua residual por unidad de tiempo.
- pH: Es la medición de acidez de una solución, determinada por la cantidad de iones H⁺. Se dividen en ácidas, siendo aquella con un pH menor de 7; o básicas cuando el valor de pH supera 7.
- SSEE (Sustancias solubles en éter etílico): Representa el contenido de aceites y grasas, caracterizados por su escasa solubilidad en agua y su tendencia a separarse

de la fase acuosa formando capas oleosas que pueden dificultar las operaciones de transporte y tratamiento.

- DBO₅: Indica la cantidad en miligramos de oxígeno disuelto que utilizan las bacterias para descomponer la materia orgánica presente en un litro de agua. Es una medida cuantitativa de la contaminación del agua por materia orgánica expresada en mg/l.
- DQO: Indica la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mg/l. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅, ya que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.
- SST(Sólidos suspendidos totales): Son aquellos elementos que están en suspensión y que son perceptibles a simple vista en el agua. Comprenden a los sedimentables flotantes y no sedimentables (coloidales). Pueden contener sustancias orgánicas (sólidos suspendidos volátiles) o inertes (no volátiles o fijos). Se expresan en mg/L.
- Nitrógeno Total: Es un parámetro determinado para medir la suma de los valores de nitratos, nitritos, nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal. Se expresa en mg/L.
- Fósforo: Este parámetro hace referencia a la cantidad total de fósforo presente en el efluente, tanto en sus formas orgánicas, como inorgánicas. Se expresa en mg/L.
- SAAM (Sustancias Reactivas al Azul de Metileno): Indica la cantidad de detergente de carácter aniónico presente en la muestra. Se expresan en mg/L.
- Hidrocarburos totales: Engloba cualquier mezcla de hidrocarburos que se encuentren en el petróleo crudo. Se expresan en mg/L

Con el objeto de evaluar las características de los fluidos que derivan de la limpieza de la maquinaria y sus componentes, se tuvo en cuenta un muestreo puntual que se efectuó durante un análisis sobre la geomorfología de la zona, la cual fue analizada posteriormente por un laboratorio. Debido a que esta muestra no es representativa del efluente en cuestión, los resultados obtenidos fueron complementados con información recopilada de fuentes bibliográficas de efluentes líquidos con características similares, cuyos valores se presentan en la Tabla I.

Tabla I: Definición de parámetros de efluente a partir de bibliografía y muestra tomada in situ.

Parámetro	Unidad de medida	Muestra	Teixeira (2003)	Pereira Machado, F. (2013)	Morales Fiallos et al. (2022)	Tigse, S. (2017)	Nina, M. (2018)
pH		7.59	7.7	-	-	-	-
Temperatura	°C	16.5	26.7	-	-	-	-
DBO ₅	mg/L	500	645	545	646	943,59	2560
DQO	mg/L	809	1.526,70	1323	1293	2779	4010
SSEE	mg/L	650.2	148	242		70	1070
Sólidos suspendidos totales	mg/L	900	-	5000	900	1438	1200
SAAM	mg/L	100	-	-	300	-	-
Fósforo total	mg/L	1	-	-	-	-	-
Hidrocarburos totales	mg/L	65	90	-	-	-	-
Nitrógeno Total	mg/L	12,5	-	-	14	-	-

2.9 Comparación normativa-caracterización

Dado que el efluente es vertido directamente sobre la red pluvial, la caracterización mencionada se contrasta con la normativa de vuelco a colectora pluvial, a los fines de verificar si el efluente no cumple con las condiciones necesarias para su vertido, según indicó la CNRT. En la zona de incumbencia del proyecto, los entes reguladores son el ADA, a través de la resolución 336/03 y ACUMAR, mediante la resolución 283/19 en su anexo I-A. En la Tabla II se comparan los parámetros estudiados del efluente con la normativa aplicable, determinando que no presenta las condiciones adecuadas para su vertido, por lo que resulta necesario aplicar un tratamiento para reducir los valores fijados.

Tabla II: Caracterización fisicoquímica de muestra tomada en cámara de inspección, proveniente del lavado de material rodante y piezas, complementado con material bibliográfico; y valores límites de vuelco a colectora pluvial más restrictivos de Res 336/03 de ADA y Red 283/19 de ACUMAR (ANEXO I)

Parámetro	Unidad de medida	Valor	Valores límites normados
pH		7.59	6,5-9
Temperatura	°C	28	<45
DBO ₅	mg/L	630	<30
DQO	mg/L	1500	<125
SSEE	mg/L	510	<30
Sólidos suspendidos totales	mg/L	1048	<30
SAAM	mg/L	120	<2
Hidrocarburos totales	mg/L	70	<35
Fósforo total	mg/L	2	<1
Nitrógeno Total	mg/L	12.5	<35

Uno de los objetivos del proyecto es la reutilización del agua residual nuevamente en el proceso de limpieza de la maquinaria, por lo que se debe seleccionar una normativa a nivel nacional o local que defina los valores límites de los parámetros definidos para este fin. En la búsqueda, no se encontró normativa de reuso a nivel regional o nacional, que aplique en el sitio de implantación del proyecto. A nivel provincial, se identificó un decreto en la provincia de Córdoba, Decreto 847/16, que norma los valores límites que deben tener los parámetros del agua residual para poder reutilizarse en el lavado de vehículos. Sin embargo, al examinar esta normativa se identifican que algunos indicadores son más flexibles ya que superan enormemente los valores exigidos por la normativa de Buenos Aires contemplada anteriormente, y otros por su parte, no están regulados.

Ante la inexistencia de normativa nacional para reuso de agua residual, y con motivo de mantener rigurosidad y criterio, se decide tomar los valores más restrictivos de las regulaciones

analizadas, con el fin último de asegurar un agua residual que cumpla con los límites más estrictos posibles. Según indica ACUMAR en su “Guía sobre tratamientos de agua para la adecuación ambiental”: *Esta variedad de autoridades y normativas, obliga a que los establecimientos generadores de efluentes líquidos, deban ajustarse a cumplir con las exigencias más estrictas, que provengan de combinar todas las regulaciones aplicables a su localización.*

De acuerdo a lo desarrollado con anterioridad, se contempla la Resolución 336/03 de ADA, el ANEXO A y C de la Resolución 283/19, de ACUMAR y el Decreto 847/16 de la provincia de Córdoba. En referencia a la Resolución 336/03 y Resolución 283/19 (ANEXO A), cuentan con 3 tipos de vertido, colectora cloacal, cuerpo superficial/ pluvial y absorción suelo. Luego de un análisis de los tres tipos, se elige el pluvial, puesto que es el que presenta valores límite más bajos de los tres y eventualmente, se podría contemplar esta descarga. En lo que respecta a la Resolución 283/19, en su ANEXO C presenta diferentes parámetros de acuerdo al uso que se le otorga al cuerpo de agua destinatario, seleccionando el número III “Apta para actividades recreativas sin contacto directo”. Finalmente, se comparan los valores para las normativas descritas, y se opta por el más restrictivo, reflejado en la tabla III. Puesto que los límites de concentración establecidos en el ANEXO A de la resolución 283/19 no parecen suficientes para asegurar la calidad del efluente, se calculará el límite de carga másica que propone el ANEXO B de la misma normativa para la DBO_5 .

Resulta válido aclarar, que se seleccionan únicamente los parámetros que se espera sobrepasen los límites establecidos para el tipo de efluente en estudio.

Tabla III: Comparativa entre valores establecidos para distintos parámetros según lo expuesto por la Res. 336/03 de ADA en su ANEXO B (A conducto pluvial), Res.283/19 de ACUMAR en su anexo A (A conducto pluvial) y en su anexo C - Uso III. Se resaltan en color gris los valores seleccionados.

Parámetro	Unidades	Res. 336/03 ADA - ANEXO B (A conducto pluvial)	Res. 283/19 ACUMAR - ANEXO A (A conducto pluvial)	Res. 283/19 ACUMAR - ANEXO C (Uso III)	Decreto 847/16 - Prov. de Córdoba	Valor más restrictivo
Temperatura	°C	<45	<45	<35	<40	<35
pH	UpH	6,5 a 10	6,5-9	6,5-9	6,5 a 8	6,5-8
SSEE	mg/l	<50	<50	NE	NE	<50
DBO ₅	mg/l	<50	<30	<15	<30	<15
DQO	mg/l	<250	<125	NE	NE	<125
Hidrocarburos totales	mg/l	<30	<30	<10	NE	<10
S.A.A.M	mg/l	<2	<2	<5	NE	<2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	NE	<35	NE	<30	<30
Nitrógeno total	mg/l	<35	NE	NE	NE	<35
Fósforo Total	mg/l	<1	<5	<5	NE	<1
Coliformes fecales	UFC/ 100 ml	<2000	<500	<1000	<1000	<500

En la Tabla IV, se presenta la caracterización final. Se adiciona a la tabla los valores que se determinaron en la Tabla III, que se utilizarán como límites para el aprovechamiento del agua residual.

Tabla IV: Caracterización fisicoquímica de muestra tomada en cámara de inspección, proveniente del lavado de material rodante y piezas, complementado con material bibliográfico; y valores límites resultantes de la fusión de normativas

Parámetro	Unidad	Valor más restrictivo	Valor caracterización efluente
Temperatura	°C	<45	28
pH	mg/L	6,5-9	7.59
Sus. Solubles en Éter Etilico	mg/L	<50	510
DBO ₅	mg/L	<15	630
DQO	mg/L	<125	1500
Hidrocarburos totales	mg/L	<10	70
S.A.A.M	mg/L	<2	120
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<30	1048
Nitrógeno total	mg/L	<35	12.5
Fósforo Total	mg/L	<1	2
Coliformes fecales	UFC/ 100 ml	<500	-

En el caso del ANEXO B de la resolución 283/19 de ACUMAR, se deben calcular la carga másica vertida (CMV) y la carga másica límite de vertido (CMLV) del parámetro DBO₅, para poder compararlas. La condición que se debe cumplir para habilitar el vertido del efluente es CMLV < CMV.

$$CMVL (g/d) = Ct \cdot Qt \quad (1)$$

Donde

Ct: Concentración teórica que indica el ANEXO B según la ubicación en la cuenca (mg/L)

Qt: Caudal declarado por el establecimiento en su permiso de vuelco (m^3/d)

Se adopta para el caudal teórico (Qt) un valor de 109,6 $m^3/día$, proveniente de la actividad de limpieza. Respecto a la Ct se usa la TABLA 1 (Régimen General) del ANEXO B. Allí indica que para descarga en Riachuelo, la concentración teórica Ct es: $Ct < 15 \text{ mg/L}$.

$$CMV (g/d) = C_m \cdot Q_m \quad (2)$$

Donde

Cm: Concentración medida en la inspección (mg/L)

Qm: Caudal medido en la inspección (m^3/d)

En esta instancia, puesto que no existe ningún tratamiento intermedio que modifique el flujo de agua, se supone que el caudal que mide un inspector es igual al declarado por la empresa, siendo en este caso de 109,6 $m^3/día$. Respecto a Cm, el valor es el de la caracterización, resultando en 630 mg/L .

La equiparación de CMLV con 1.644 $g/día$ y CMV con 69.048 $g/día$ determina que el establecimiento no cumple en términos de DBO_5 .

Cabe mencionar que para el resto de los parámetros considerados, se toma como concentración límite aquella definida en el ANEXO A de la misma resolución. Teniendo en cuenta que se definió $Qt=Qm$, basta con comparar los valores de la caracterización con los valores límites de este anexo. Este análisis ya se realizó en la Tabla IV.

2.10 Caudal

El caudal mensual se determinó a partir del agua requerida para la limpieza de un coche y de las piezas, y a su vez, la cantidad de formaciones a las cuales se le aplica el lavado

diariamente. Esta información fue recolectada de un informe generado por la empresa Maruboni Corporation, en el año 1983, en el marco de “ELECTRIFICACIÓN F.C. ROCA SECCIÓN URBANA ETAPA N° 1 CONTRATO N° 1397. ÁREA XI - REPARACION Y MANTENIMIENTO”. En este sentido, se precisan 900 litros de agua por coche, 10 coches componen una formación y 12 formaciones se acercan a la plataforma de lavado para su limpieza por día. En el caso de las piezas, el volumen de agua utilizada es de 400 litros, y se asean 4 bogies por día. En síntesis, el caudal generado por día es de 109 m³/día.

La distribución del agua a lo largo del día, se estima a partir del reconocimiento de las tareas que se precisan para alistar la formación, y el caudal de agua asociado a cada una de ellas.

El diagrama de limpieza de formaciones, está conformado por 6 días de trabajo, de lunes a sábado, distribuyéndose cada día en dos turnos de trabajo de 6 horas, uno de ellos de 6 a 12 hs y el siguiente de 12 a 18 hs. Las tareas se efectúan en el horario diurno para favorecer mayor visibilidad que brinda la luz natural. Cada turno se divide en dos ciclos continuos de trabajo, con media hora de descanso. La primera jornada laboral del día, cuenta con un primer ciclo que comienza a las 6 am y finaliza a las 9.30 am, y de 10 a 12 am en el segundo ciclo.

Paralelamente a esta actividad, se realiza la limpieza de piezas, cuyo efluente es recepcionado en el mismo sitio que el efluente de lavado de la carrocería. Las jornadas de los empleados que se desempeñan en esta actividad tienen una extensión de 6 horas, cubriendo un total de 5 horas para el lavado de piezas y 1 hora de descanso.

La discriminación de tareas a lo largo de la jornada, así como también, las fluctuaciones del caudal en cada ciclo de trabajo se presentan en el cronograma del ANEXO II, tanto para el lavado de las formaciones como para la limpieza de las piezas. De esta manera se pueden determinar los máximos y mínimos que permitan seleccionar y diseñar las unidades, evitando futuras complicaciones.

2.10.1 Efluentes cloacales

Actualmente, no hay registro suficiente que determine si los efluentes procedentes de la zona de vestuarios y sanitarios en la zona de implantación del proyecto son enviados al sistema de red cloacal, ya que la infraestructura es muy antigua y la ausencia de cartografía es importante. Es por esto que en las distintas alternativas de dimensionamiento de la planta de tratamientos de efluentes, se evaluará incorporar el caudal y carga de los efluentes cloacales generados en el predio, al generado en la actividad principal de lavado de vehículos ferroviarios. A fines de unificar su posterior tratamiento y recirculación para utilizarlo durante las actividades de mantenimiento realizadas en el predio. Esto es posible ya que se considera, en este caso, que la integración de las aguas cloacales no modifica significativamente el caudal ni las propiedades del efluente, más aún, contribuye con un aporte de carga orgánica que resulta interesante contemplar.

El predio cuenta con una dotación de 200 empleados que desarrollan sus actividades de lunes a sábado, con jornadas que se distribuyen a lo largo de todo el día, dependiendo de la tarea. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2010), son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para garantizar que se cubran las necesidades básicas. Se estima una dotación equivalente a 100 litros por persona cada día, de los cuales, el 80% corresponde al consumo de agua. Por ende, el caudal cloacal se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{cloacal} = Dotación \times N^{\circ} \text{ empleados} \times 0,8 \quad (3)$$

El parámetro más relevante a considerar en este tipo de corriente es la DBO_5 , la cual se calcula asumiendo, según bibliografía, una carga orgánica por habitante por día de 60 gramos. Al multiplicar este valor por la cantidad de empleados y dividirlo por caudal diario se obtiene un aproximado de la DBO_5 cloacal (Ecuación 4).

$$DBO5_{cloacal} = \frac{60gr/empleados.día \times N^{\circ} \text{ empleados}}{Q_{cloacal}} \quad (4)$$

Sin embargo, al igual que para el efluente industrial, se recabo información de diversas fuentes bibliográficas, que pudieran aproximar una caracterización de las aguas cloacales. Mayormente se encontró información de aguas residuales, que incluyen aguas grises

también. De esta información se desestimó el parámetro de aceites y grasas, ya que se espera no presenten los líquidos residuales de baños y vestuarios. El resultado se presenta en la Tabla V.

Tabla V: Definición de parámetros de efluente cloacal a partir de bibliografía consultada, y parámetros finales elegidos para la caracterización del tipo de efluente marcado en color gris.

Parámetro	Unidad de medida	Valor final	Metcalf & Eddy (2003)	Martín, F. (2012)	Plan Nacional Hidráulico (1976).	Noutsopoulos, et al (2018)	Paulo, et al. (2009)
DBO ₅	mg/L	309,5	220	44	325	649	435
DQO	mg/L	556,75	500	140	648	939	646
Sólidos suspendidos totales	mg/L	400	720		1000	166	120
Fósforo total	mg/L	8	8	5,2		4,4	
Nitrógeno total	mg/L	24		24			
Coliformes fecales	NFU	10 ⁷	10 ⁷				5,4 ⁸
SAAM	mg/L	40			40		43,5

CAPÍTULO III. MEMORIA DESCRIPTIVA Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se analizarán los valores que resultaron de la caracterización descrita anteriormente, producto de la muestra de efluente recolectada en el sector de lavado de formaciones y piezas, y la complementación con datos bibliográficos, tomando como referencia la normativa de vuelco aplicable. En función de dicho análisis, se definirán y evaluarán algunas alternativas de depuración específicas para el tipo de efluente presentado, con el objeto de tratar eficientemente el agua de lavado, disminuyendo la concentración de los parámetros excedentes, hasta alcanzar la calidad de agua residual que exigen las leyes, para luego reciclarlo en el lavado de la maquinaria y su posible utilización para riego del Jardín Silvestre.

Análisis de alternativas de tratamiento

Al comparar los resultados obtenidos de la muestra analizada con los límites establecidos, se detecta que en las aguas residuales generadas en el lavado de formaciones y piezas, la concentración de los parámetros de DBO_5 , DQO, tensoactivos (SAAM), Sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, representado por el parámetro de Sólidos Solubles en Éter Etilico, superan ampliamente dichos límites. En menor medida, pero igualmente considerables, debido a su magnitud frente a los valores normados, se detectaron Nitrógeno y Fósforo, parámetros que se deberán contemplar para seleccionar el tipo de tratamiento.

A priori, se calcula el índice de biodegradabilidad del efluente por medio del coeficiente entre la DBO_5 y DQO, para evaluar la posibilidad de incorporar un tratamiento biológico al tren de depuración, ya que este último se encuentra estrechamente relacionado con la presencia de materia orgánica y su capacidad para ser degradada. Según Sastre (2005), el cociente mayor a 0,5 es fácilmente biodegradable, y no biodegradable, menor a 0,2. El resultado de realizar el cociente con los datos obtenidos en la caracterización del efluente industrial es de 0,40, manteniéndose en el límite de la biodegradabilidad. Para que

sea eficiente la integración de un proceso biológico es necesario incluir unidades de pretratamiento y tratamiento primario que logren disminuir la concentración de componentes tóxicos e inhibitorios, aumentando la biodegradabilidad.

A partir del estudio de las variables más relevantes del efluente, se decide preseleccionar algunas propuestas de tratamiento idóneas para reciclar el agua utilizada en la actividad de lavado del material rodante. Estas se desarrollarán a continuación, evaluando pros y contras a nivel general, dando como resultado una selección preliminar de las mismas. El siguiente capítulo, mediante una memoria de cálculo, será decisivo en la elección final del tratamiento más adecuado.

Las alternativas elegidas apuntan a la depuración del efluente que se compondrá de la unión de las aguas residuales de lavado y el líquido cloacal que se genera en las instalaciones sanitarias del predio. Si bien se sobreentiende que en la zona de implantación del proyecto habría un sistema de cloacas, con lo cual no sería necesario el tratamiento de estos efluentes, se espera que el agregado de este efluente no complejice significativamente el tratamiento y por otro lado, aportaría carga orgánica para aumentar la biodegradabilidad del tratamiento.

El tren de depuración se compone de una etapa de pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario. En función de las características del efluente, se hará foco en la búsqueda de alternativas para el tratamiento primario y secundario, fijando las mismas unidades en lo que respecta al pretratamiento y tratamiento terciario. En consecuencia, se proponen dos alternativas de tratamiento, que comparten el mismo pretratamiento y unidad de tratamiento terciario. Sin embargo, la ubicación de estas unidades variará acorde a los requerimientos de los equipos.

En ambas alternativas el caudal cloacal será pretratado unitariamente para luego incorporar al efluente industrial en diferentes fases del tratamiento, dependiendo de la alternativa. De esta manera se reduce el tamaño de las unidades primarias, con mayor aporte de carga orgánica en el tratamiento secundario.

Para mayor entendimiento, en las Fig. XVI y XVII se representan las unidades que componen a cada alternativa propuesta. Posteriormente, se desarrolla con mayor detalle cada una de las elecciones de manera de evaluar inicialmente el tratamiento más adecuado.

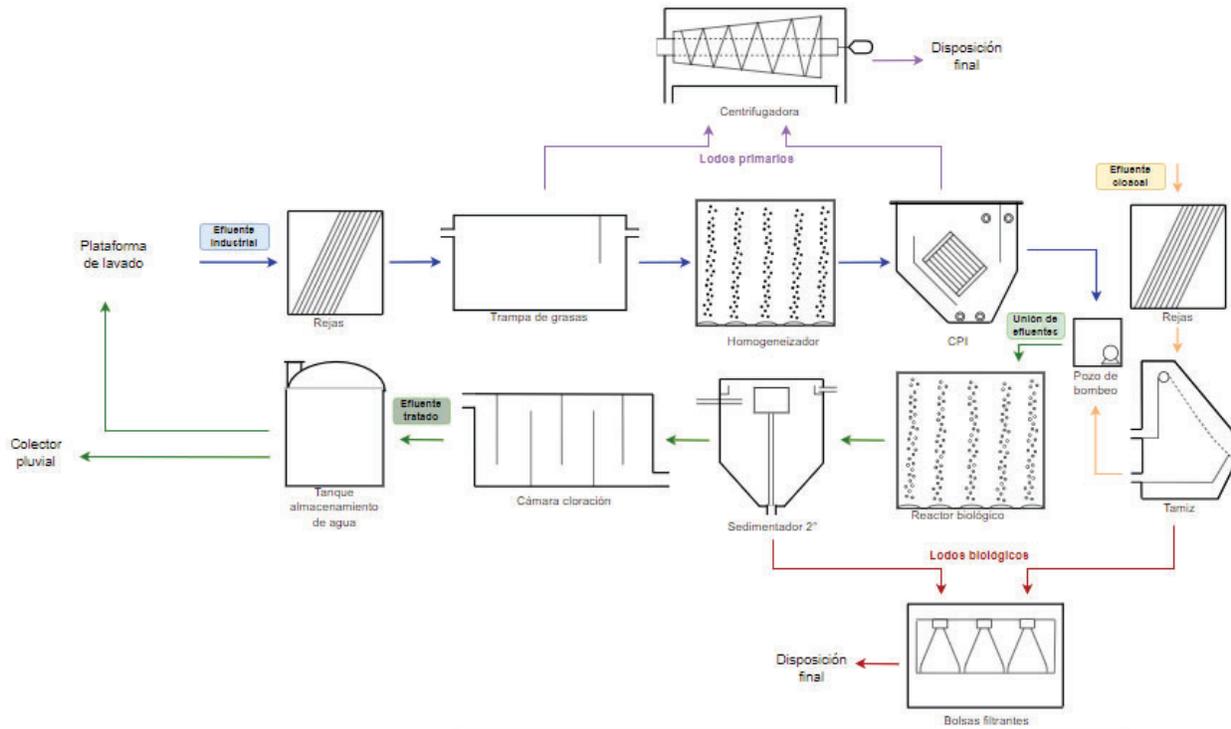


Fig. XVI: Alternativa I de tratamiento de efluentes líquidos provenientes de las actividades ferroviarias de limpieza

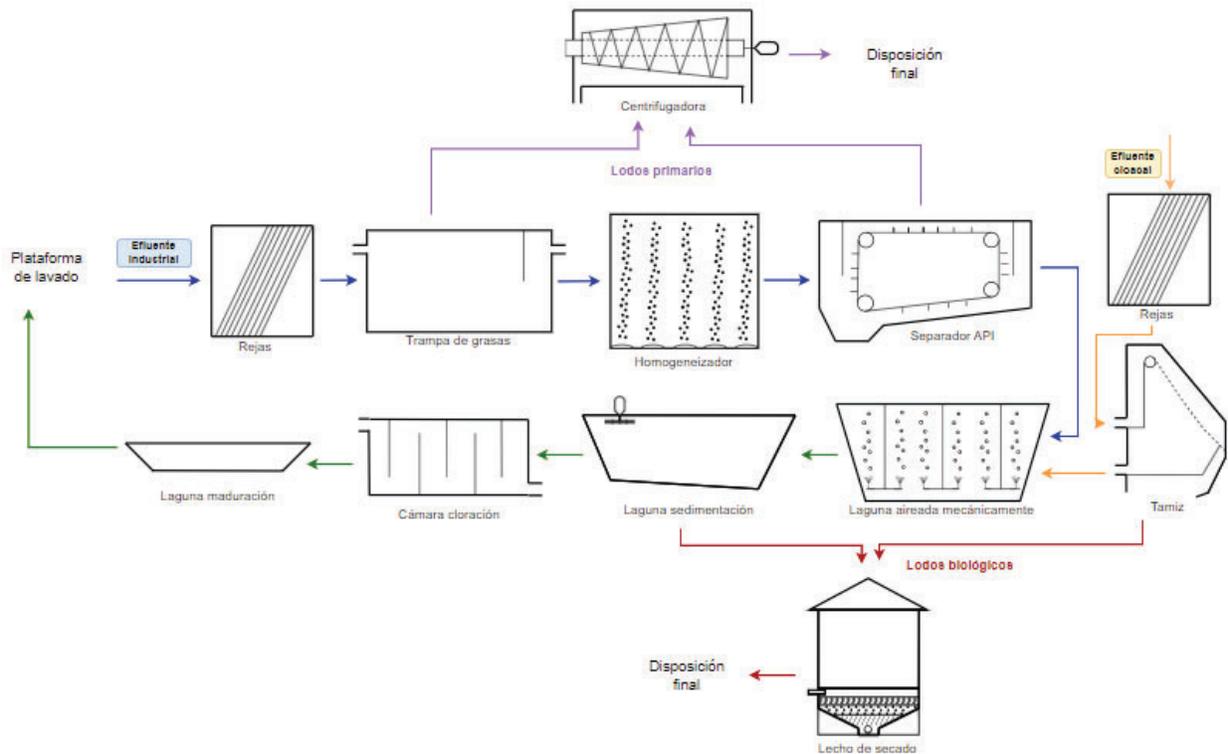


Fig. XVII: Alternativa II de tratamiento de efluentes líquidos provenientes de las actividades ferroviarias de limpieza

3.1 Pretratamiento - Común a ambas alternativas

Mediante el tratamiento preliminar, se pretende la reducción de elementos sólidos gruesos y finos, así como también de materias grasas y aceites, cuya presencia en el efluente pueda interferir en las etapas de tratamiento posteriores, siendo un riesgo para el funcionamiento eficiente y confiriendo un daño mecánico a las máquinas, equipos e instalaciones. Asimismo, en esta instancia de depuración, el afluente es homogeneizado de tal forma que las instalaciones trabajen en las condiciones más uniformes posibles, manteniendo un caudal constante.

El equipamiento propuesto de pretratamiento consta de un sistema de rejas, seguido de una trampa de grasas para el efluente industrial, y por otro lado, un sistema de rejas más

un tamiz para el efluente cloacal. A continuación, se desarrollarán con un grado mayor de detalle, justificando la elección de los mismos.

3.1.1 Rejas

Es el tratamiento inicial del efluente. Consisten básicamente en un conjunto de barras metálicas paralelas y de separación uniforme entre ellas, situadas en un canal en posición transversal al flujo, de tal forma que el agua residual pase a través de ellas, quedando retenidos todos los sólidos presentes, con un tamaño superior a la separación entre barrotes (Fig. XVIII).

La zona de lavado presenta rejillas perimetrales por donde escurre el efluente generado en las actividades, hacia los conductos. Sin embargo, estos sistemas de conducción presentan aberturas aguas abajo, permitiendo el ingreso de elementos u objetos no deseados. Por este motivo, se incluirá en la planta a diseñar un sistema de rejas. De la misma manera, se diseñará un sistema de rejas que se ubicará en la salida del efluente cloacal, previo ingreso a la siguiente unidad.

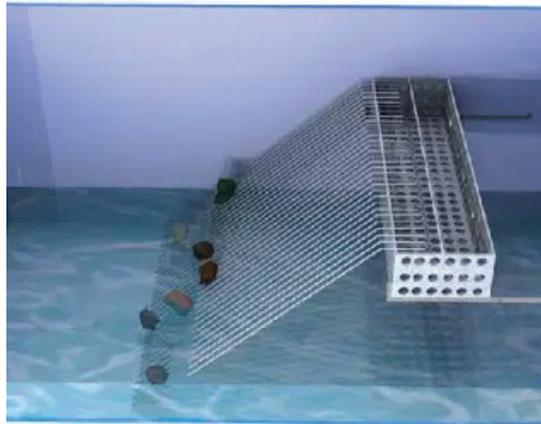


Fig. XVIII: Ilustración del sistema de rejas de desbaste de limpieza manual con depósitos escurridos. Fuente: Google Foto

3.1.2 Tamiz

Estos equipos, al igual que las rejas, se utilizan para la eliminación de sólidos en suspensión de gran tamaño. Debido a que la luz del medio filtrante es menor que la de las rejas, la capacidad de remoción es mayor, alcanzando valores de 10 a 15%.

En esta oportunidad se optó por un tamiz estático, característico por no presentar parte móvil y ser autolimpiante, por la geometría de colocación de la malla.

El agua residual a tratar se introduce en un compartimento posterior del equipo (Fig. XIX), que por rebalse se desliza a través de la superficie filtrante, donde tiene lugar la separación de los sólidos. La parte fundamental de la unidad es el conjunto de barras del tamiz. La disposición de los alambres transversales proporciona una superficie relativamente no atascable con alto poder de filtrabilidad.

Se dispondrá esta unidad seguida de las rejas en la línea del efluente cloacal.

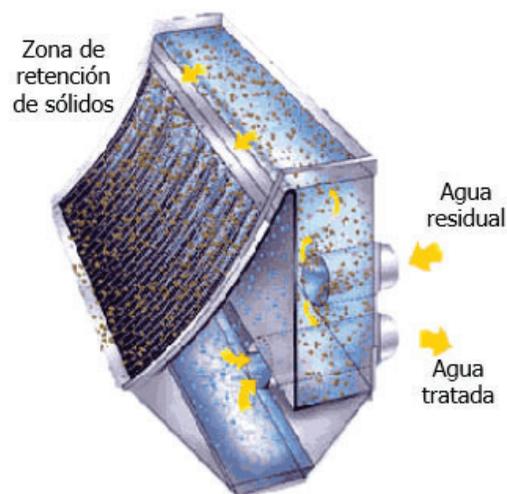


Fig. XIX: Esquema de un tamiz estático. Las flechas amarillas indican el sentido de circulación del agua. Fuente: Google imagenes - Elaboración propia

3.1.3 Trampa de grasas y aceites

Las sustancias presentes en el efluente generado como grasas, aceites y otros materiales flotantes, pueden afectar la eficiencia del tratamiento mediante el taponamiento y el desgaste de los sistemas de conducción y generación de malos olores, por adherencia a las paredes de los conductos. Por lo tanto, la temprana eliminación de estas sustancias resulta crucial para la durabilidad de un sistema de saneamiento. Es por ello, que se debe disponer entre las rejillas y previo al homogeneizador, dentro de la línea de efluente industrial, como una primera fase básica de expulsión de componentes inmiscibles en agua.

Las trampas de grasas o interceptores de grasas son cámaras simples, que facilitan la separación y recolección del material flotante en estado libre por acción estática, a través de la flotación. Una trampa de grasas convencional, está provista de tuberías acodadas en la entrada y salida, con deflectores que previenen la turbulencia en la superficie del agua, aprovechando la diferencia de densidad de las sustancias que tienen flotabilidad natural y que pueden ser separadas y acumuladas en forma de nata, sobre la superficie del agua.

El predio cuenta con un tanque de grasas semejante a la que se observa en la figura XX. Actualmente se encuentra colmatado por la falta de mantenimiento y la inexistencia de un sistema de rejillas previo. Se realizarán cálculos para evaluar si las condiciones estructurales de la misma responden a las necesidades del tipo de efluente. De ser afirmativo, formará parte del tren a instalar, haciendo las modificaciones que sean necesarias, de manera de reducir los costos asociados que implicaría la construcción de una nueva unidad.

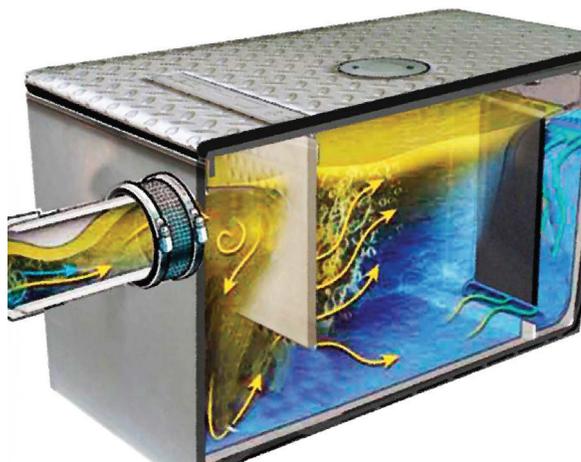


Fig. XX: Trampa de grasas convencional utilizado para la separación de material flotante en el tratamiento de efluentes. Fuente: Google Imágenes

Frente a otros sistemas de remoción de material flotante, la trampa de grasas se caracteriza por su simplicidad, economicidad y posibilidad de ser empleada en efluentes con caudales pequeños, obteniendo rendimientos aceptables.

3.1.4 Tanque de homogeneización

En virtud de la variabilidad de la calidad y cantidad de aguas grises generadas a lo largo del día y durante la semana por las actividades de lavado para el alistamiento de coches y locomotoras, y considerando que la limpieza de piezas se ajusta a la jornada laboral y a la demanda y requerimiento del servicio, es que resulta necesario homogeneizar y regular el afluente por medio de un tanque diseñado para tal fin. Esta medida se emplea para superar los problemas que se pueden provocar en las instalaciones siguientes debido a las fluctuaciones de caudal y de la concentración de los contaminantes, de tal manera que los procesos posteriores funcionen efectivamente.

Ante un eventual corte de la actividad o en periodos donde los ciclos de lavado disminuyen, esta unidad está diseñada para proveer alimentación continua al sistema biológico, el cual es muy sensible a variaciones bruscas del afluente.

A fin de proporcionar un caudal constante, una mezcla uniforme y las mismas propiedades en todo el volumen, se inyecta oxígeno a través de difusores conectados a sopladores de aire.

3.2 Tratamiento primario

En esta etapa, se busca la eliminación de una fracción de los sólidos suspendidos y de los compuestos orgánicos, pero principalmente, se pretende afinar la remoción de las grasas y aceites presentes en el efluente, dada su alta concentración y en consecuencia, de la baja remoción que posee la trampa desengrasadora existente. Las grasas y aceites son los componentes de las aguas residuales con mayor tendencia a oxidarse, por lo tanto, si estas llegasen a las unidades de tratamiento secundario aerobias, pueden fijar rápidamente el oxígeno disuelto disponible, pudiendo ocasionar situaciones de anoxia puntuales que podrían propiciar la proliferación de microorganismos filamentosos. Así mismo, éstas tienen tendencia a flotar, lo que genera capas en la superficie de los sistemas biológicos, dificultando la transferencia de oxígeno.

Debido a que las técnicas analíticas empleadas en la determinación de grasas y aceites dan como resultado las grasas y aceites totales (el conjunto de estos compuestos que se encuentran en estado libre, emulsionados y disueltos), y con el fin de conocer la viabilidad de los procesos de separación, previamente al diseño, se deberá realizar un ensayo de STS (susceptibility to oil separation) (Sastre, 2005). Habiendo hecho esta aclaración, las alternativas que mejor se adaptan a las características del líquido a tratar, según el análisis teórico, emplean una separación física y se mencionan a continuación:

- Separador API
- Separador de placas o Coalescedor

Las unidades mencionadas anteriormente se focalizan en la eliminación de grasas y aceites en estado libre, siendo necesario conocer parámetros tales como la velocidad ascensional de las gotas de aceite y el tiempo de permanencia del efluente, para determinar la estructura de cada uno de ellos.

Cabe destacar, que no se adosa una etapa de sedimentación posterior a las unidades propuestas, ya que estos equipos integran mecanismos para la separación tanto de las partículas que ascienden a la superficie, como aquellas que decantan.

3.2.1 ALTERNATIVA I - Separador API

Este equipo se trata de un canal de sección rectangular, dada su relación largo-ancho, cuyo objetivo es la separación natural de los sedimentos que puedan decantar, y las sustancias ligeras que alcancen la superficie del líquido (Fig. XXI). Trabaja en régimen de flujo laminar y un tiempo de retención tal que permita que las gotas de aceite en estado libre asciendan a la superficie.

Esta unidad cuenta con 4 secciones que se describen a continuación:

Un canal de pre separación, ubicado entre la boca de entrada del afluente y el canal de separación. Su principal función es reducir la velocidad de flujo y recolectar parte del flujo de aceite flotante. Con el fin de contar con las mejores condiciones hidráulicas las paredes de la sección de transición se van ensanchando lateralmente en la dirección del flujo (API, 1990). Se divide de la siguiente fase por medio de una compuerta de difusión que distribuye equitativamente el fluido en la etapa posterior.

En la parte central se ubica la zona de separación en sí. Para facilitar este proceso, se colocan barredores superficiales perpendiculares a las paredes laterales del canal, las cuales son arrastradas por cadenas sinfín, que se desplazan en la misma dirección del flujo, acumulando el aceite en las proximidades de un skimmer, para facilitar la eliminación (Sastre, 2005). El tipo de skimmer seleccionado, consiste en un dispositivo giratorio que adhiere el aceite a su tambor y lo redirige para su posterior procesamiento.

Debido a la disminución de la velocidad del agua en estos equipos, tiene lugar una decantación de parte de los sólidos en suspensión presentes. Estos sólidos son arrastrados a uno de los extremos del separador, por los barredores en el camino de regreso, acumulándose en una tolva pequeña al inicio del separador, de donde son extraídos por

bombeo y enviados a tratamiento de fangos. Para evitar turbulencias en el seno del líquido, la velocidad de los rascadores debe ser lenta.

En el último tramo, se instala una compuerta de retención que consiste en una pared, la cual no llega hasta la base de la cámara, permitiendo el escape de los líquidos clarificados, y la retención del aceite remanente. Finalmente, se coloca un vertedero, previniendo la salida de la totalidad del efluente al mismo tiempo.

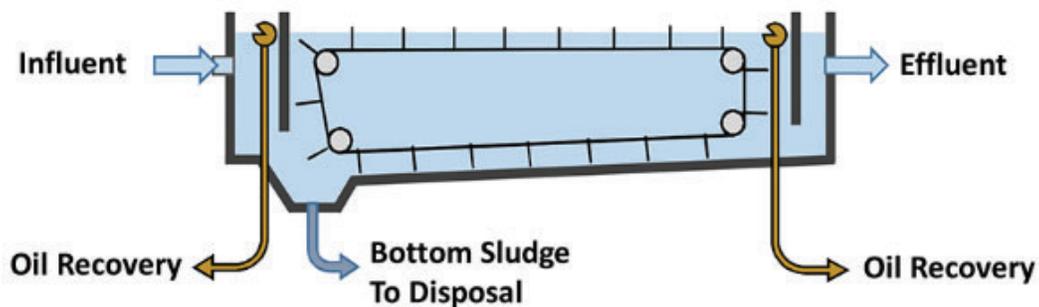


Fig. XXI: Diagrama de un separador tipo API con las diferentes fases del proceso. Fuente: Tecniplant

3.2.2 ALTERNATIVA II - Separador de placas

Este equipo reúne varios separadores del tipo API en una misma unidad, con el objetivo de incrementar el tiempo de permanencia, disminuir la superficie requerida y por ende, mejorar la eficiencia del equipo.

En este sistema, ocurre un fenómeno denominado coalescencia donde en una mezcla de 2 fases líquidas inmiscibles (en este caso, agua y aceite), las gotas más pequeñas del mismo fluido, que no se pueden separar por gravedad, se ponen en contacto entre sí para formar gotas más grandes, permitiendo la separación de ambas fases. De otra manera, el proceso tomaría mucho tiempo o no ocurriría nunca.

Entre los separadores de placas, están los denominados CPI (Corrugated Plate Interceptor), conformados por un conjunto de placas corrugadas paralelas que aumentan el

área superficial, formando un paquete con un ángulo con la horizontal de 45 grados, constituyendo canales por donde circulará el líquido. Las gotas de aceite ascienden en los canales hacia las crestas de la placa corrugada y fluyen hacia la entrada del paquete por coalescencia, para luego alcanzar la superficie del tanque. Por el contrario, los sólidos se deslizan por los valles de las placas junto con el efluente, y se depositan en el fondo del tanque. En la Fig. XXII se presenta el modelo de separador, identificando los diferentes componentes del mismo. Para temperaturas del efluente menores a 45 °C se recomiendan placas de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

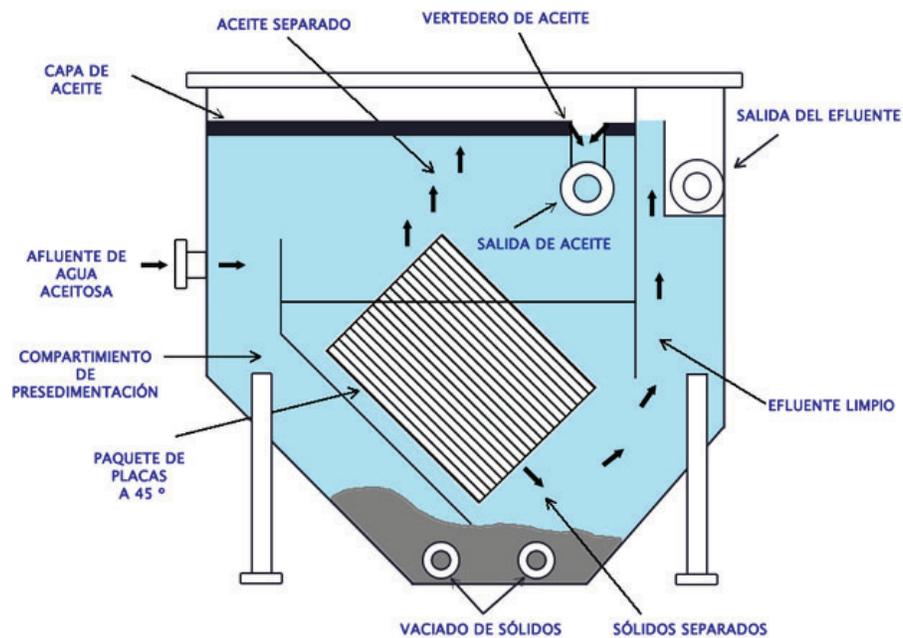


Fig. XXII: Representación de un separador de placas CPI. Fuente: Sumio Water Systems

3.3 Tratamiento secundario

Los tratamientos biológicos son los encargados de eliminar la materia orgánica biodegradable y los sólidos coloidales no sedimentables presentes en los efluentes líquidos.

Consisten básicamente en provocar el desarrollo de microorganismos capaces de asimilar la materia orgánica y sólidos remanentes, utilizándolos como sustrato o fuente de alimentación, siendo una parte oxidada y otra transformada en nuevos microorganismos, para ser removidos del agua residual con mayor facilidad en una etapa posterior, de manera de cumplir con los límites permisibles de vuelco.

Las alternativas que se plantean para el tipo de efluente en estudio son un sistema de lodos activos y un sistema de lagunas.

3.3.1 ALTERNATIVA I - Lodos activados

En el proceso de fangos activados se lleva a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable a través de una biomasa o conjunto de microorganismos en condiciones aeróbicas. Este sistema de tratamientos consta de dos unidades: un reactor y un sedimentador o decantador.

Según se esquematiza en la Fig. XXIII, el agua residual que llega al sistema es introducida de forma continua en el reactor donde se mantiene una concentración elevada de microorganismos en suspensión. En esta etapa los microorganismos capturan la materia orgánica biodegradable presente, utilizándose como sustrato o alimentación, provocando su eliminación a través de diversas reacciones bioquímicas. El oxígeno requerido por los microorganismos se introduce por medio de difusores. Al mismo tiempo, provocan la agitación suficiente para mantener la biomasa en suspensión y en mezcla íntima con el agua a tratar.

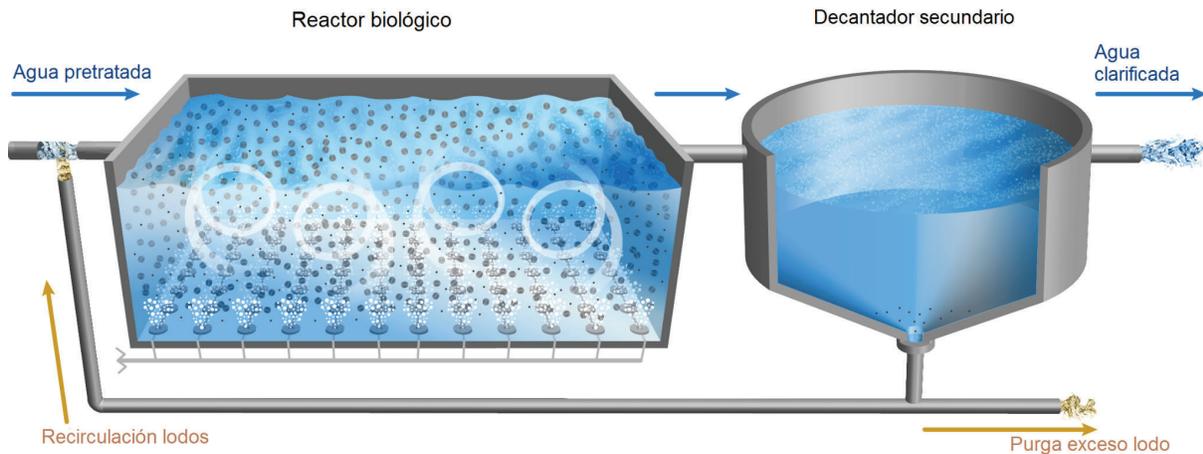


Fig XXIII: Esquema de un sistema de lodos activados aireado, con recirculación de biomasa y purga (Fuente: GEDAR - Elaboración propia)

La mezcla de agua-biomasa se conduce hacia un sedimentador, donde los microorganismos se aglomeran sobre pequeñas partículas en suspensión, generando flóculos de varios milímetros fácilmente decantables, que sedimentan en el fondo del equipo. Este fango decantado está compuesto fundamentalmente por microorganismos provenientes del reactor biológico. Para mantener la concentración en el reactor, estos lodos decantados son recirculados de nuevo al reactor y así, se mantiene la población necesaria (Sastre, 2007).

En el proceso de síntesis que tiene lugar en el reactor, se están formando continuamente nuevos microorganismos, que es preciso purgar y extraer del sistema para trabajar con una población de microorganismos fija (Sastre, 2005). El agua que sale por el vertedero del decantador, ya se encuentra tratada y acondicionada para su vertido.

Sedimentador secundario

En esta unidad ocurre un proceso físico, donde se aprovecha la fuerza de gravedad, haciendo que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta separación de sólidos por gravedad se basa en la diferencia que existe entre los pesos específicos de líquido y el de las partículas,

la cual sirve para separar el agua residual de los sólidos en suspensión presentes en ella, no así de aquellos en estado coloidal o emulsión.

El efecto de la gravedad también actúa sobre las partículas con menor peso específico que el agua, siendo en este efluente los aceites libres, grasas y otros materiales flotantes, dando por resultado un ascenso de las mismas hacia la superficie formando una película de fácil separación.

Para este proyecto se propone instalar un sedimentador de sección rectangular, similar al de la Figura XXIV.



Fig. XXIV: Esquematización de un tanque de sedimentación primaria de sección rectangular. Fuente: Google Imágenes

3.3.2 ALTERNATIVA II - Sistema naturales de depuración

Este tipo de tratamiento engloba técnicas que eliminan los contaminantes presentes en las aguas residuales, aprovechando los procesos físicos, químicos y biológicos que ofrece el medio natural. El tratamiento natural mediante lagunas aireadas demostró ser eficiente en la remoción de materia orgánica, grasas y aceites de origen mineral (Jafarinejad & Jianja, 2019).

Las lagunas son uno de los métodos biológicos naturales de depuración, basado en los mismos principios por los que tiene lugar la autodepuración en ríos y lagos (Sastre, 2005). Estructuralmente, consisten en un estanque excavado en el terreno, donde se vierten los líquidos a tratar, de forma que la materia orgánica y otros componentes indeseados, resulten degradados mediante la actividad de bacterias que se encuentran presentes en el medio, y sean beneficiosas para tal fin.

En este caso, estudiaremos dos tipos de lagunas: lagunas de estabilización y lagunas aireadas mecánicamente. Los dos modelos son similares, haciendo la salvedad que las segundas son dotadas de equipos de aireación cuya principal finalidad es suministrar oxígeno a la masa líquida. Son grandes reactores aerobios agitados que mejoran la oxigenación natural, a diferencia de las lagunas de estabilización.

Las lagunas de estabilización son una alternativa simple de tratamiento del agua residual, que aprovecha el tiempo de residencia hidráulica y la presencia de agentes depuradores como principal ventaja para la remoción de la materia orgánica. Se clasifican según la presencia de oxígeno en facultativas, anaerobias o de maduración.

Si bien, los costos que presenta la incorporación de un tren de tratamiento compuesto por lagunas de estabilización son menores, las lagunas con asistencia de sistemas electromecánicos de aireación requieren menos espacio para alcanzar el mismo rendimiento o incluso mejor. Dada la escasez del terreno, se opta por una laguna aireada mecánicamente, una segunda laguna de mezcla parcial, seguida de una laguna de maduración, cuyo objetivo principal es aumentar la eficiencia del tren y actuar como reservorio hasta el uso del agua clarificada.

3.3.2.1 Laguna aireada mecánicamente

La elección recae sobre una instalación aireada mecánicamente con mezcla completa sin recirculación de lodos. Se impermeabiliza con geomembrana para evitar la lixiviación y/o infiltración. Alrededor de la laguna se construirá una berma de protección, reutilizando el propio material de excavación.

Los aireadores se deben colocar con cuidado para evitar zonas muertas donde los sólidos sean capaces de sedimentar con facilidad. Aireadores pequeños en lugar de grandes unidades proporcionan una mezcla mejor repartida, y las esquinas redondeadas en las lagunas también ayudan a evitar zonas muertas (Arthur, 1983). Se utilizarán sistemas de cadenas flotantes de aireación, provistos de difusores. La turbina actúa como dispersor de las burbujas de aire y mezcla el agua de la laguna. Esta elección recae en la fácil extracción de los equipos ante eventuales requerimientos del terreno por necesidades operativas (Fig. XXV).

La biomasa y los sólidos orgánicos del afluente se mantienen juntos en suspensión. Esto mejora el contacto entre las bacterias contenidas en la biomasa (responsables de la degradación) y el agua residual degradada. Según Sperling (2005), el TRH (tiempo de retención hidráulico) está en un rango típico de 2 a días, un tiempo suficiente para una eficaz eliminación de DBO_5 .

Según la U.S. EPA (2002, 2011), las lagunas aireadas pueden alcanzar significativos porcentajes de remoción, 95% en términos de DBO_5 , 50% de SS, 15-25% del contenido de fósforo, y en verano, se puede producir una nitrificación importante. El sistema de lagunaje aireado es relativamente simple de explotar, siendo fiable para la eliminación de DBO_5 . La reducción de SS puede verse afectada por la presencia de algas, pero en general es aceptable. La vida útil de una laguna aireada se sitúa en 30 años o más.



Fig. XXV: Laguna aireada mecánicamente por medio de un sistema de cadenas flotantes de aireación. (Fuente: Aeration Argentina)

3.3.2.2 Laguna de mezcla parcial

También denominada laguna facultativa aireada. En ella se pretende concluir con la depuración del efluente en términos de DBO₅, DQO y sólidos; y a su vez, será utilizada como etapa de sedimentación de los compuestos procedentes de la laguna aireada completa.

Para ella se destinará la primera fracción de la laguna a la aireación, mediante aireadores superficiales. En la zona restante se producirá la decantación de sólidos, favorecida por la inclinación de la base de la misma en dirección del fluido, permitiendo la acumulación de los lodos en la sección final del receptáculo, y su posterior extracción.

3.4 Tratamiento terciario - Común a ambas alternativas

Los objetivos del tratamiento terciario son eliminar la carga orgánica remanente de un tratamiento secundario, eliminar microorganismos patógenos, eliminar color y olor indeseables, remover detergentes, fosfatos y nitratos residuales, que ocasionan espuma y eutrofización respectivamente (FONAM, 2010). Esta fase del tren de tratamiento es primordial, para obtener un efluente clarificado que pueda ser reutilizado en otros procesos.

3.4.1 Cloración

Existe un gran abanico de agentes desinfectantes para aplicar en esta etapa, pero el cloro en particular tiene la ventaja de poseer un gran poder residual y ser de bajo costo. Se opta por su fase sólida, siendo el hipoclorito de sodio (NaClO). El cloro destruye los sistemas enzimáticos de las bacterias al oxidar los grupos tiol (-SH).

La desinfección tiene lugar en un tanque de sección rectangular, compuesto por una serie de pantallas adquiriendo la forma de un serpentín con tramos rectos y curvas de 180 grados, según se esquematiza en la figura XXVI. Esta configuración asegura el tiempo de contacto necesario entre el agua y el cloro, minimizando el espacio requerido.

El sistema de cloración deberá ubicarse lo más alejado posible de las demás instalaciones, ya que el agente desinfectante a emplear es volátil, pudiendo generar atmósferas contaminantes que alcancen los puestos de trabajo.

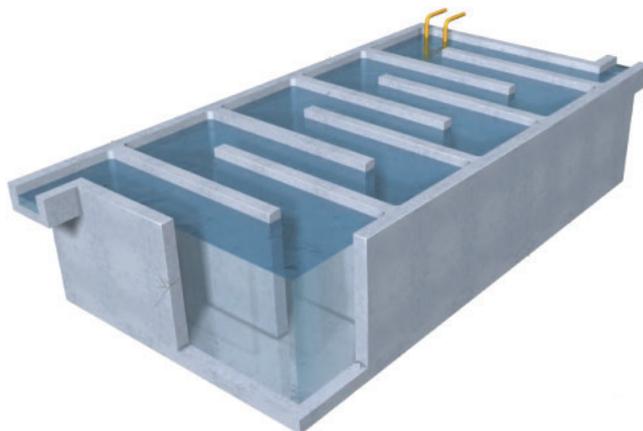


Figura XXVI: Simulación de un tanque laberíntico destinado a la desinfección del efluente. Fuente: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/204158/20170508-catalogo-PLANTAS-de-T-RATAMIENTO-de-aguas-RESIDUALES.pdf

La posición de la unidad de cloración variará en cada alternativa. En el caso de la opción N°1, se localiza luego del sedimentador secundario y previo al tanque de almacenamiento final. En la segunda opción de tratamiento, estará ubicada anterior a la laguna de maduración y posterior a la laguna de mezcla parcial.

Si bien, el contacto con el agua residual no es directo por parte de los operarios, se deberán evaluar los parámetros de salida que corresponden a medición de microorganismos patógenos para la Alternativa I, a los fines de comprobar la eliminación total de estos. De ser necesario, se podrá reforzar la desinfección.

En el caso de la alternativa I, se evaluará la posibilidad de introducir una planta de tratamiento biológico modular (Fig. XXVII), es decir que una misma estructura de metal abarque el tratamiento secundario y la desinfección final. De esta manera, se consigue la reducción del espacio, al ser una solución compacta, y la flexibilidad del sistema para ser

movilizado en caso de ser necesario. Para ello, se requerirá del cálculo de las estructuras a los fines de determinar si es viable esta solución.



Figura XXVII: Planta de tratamiento compacta que incluye un reactor de lodos activos, un sedimentador secundario rectangular y un tanque de cloración en un mismo módulo. Fuente: GESTAM ARGENTINA

3.5 Cámara de toma de muestra y medición del caudal

De acuerdo a lo que establece la normativa vigente, se instalará una Cámara de toma de muestra y medición de caudal en el tramo final de la planta de tratamiento de efluentes, con el objetivo de permitir al agente fiscalizador el muestreo del efluente, verificando el cumplimiento de los parámetros de vuelco.

Se seguirán los criterios de construcción pautados por la Resolución N° 607/12 del MAyDS y por la Disposición N° 9/2014 de la Autoridad del Agua.

En ambas alternativas, se situará en la sección final del tratamiento, es decir, luego de la cloración en la Alternativa I y post laguna de maduración en la alternativa II.

3.6 Almacenamiento de agua clarificada

3.6.1 ALTERNATIVA I - Tanque de almacenamiento de agua

A diferencia de la alternativa ulterior, en este caso se diseñará un tanque cisterna simple de geometría cuadrada, que sirva como reservorio del agua clarificada hasta tanto sea reutilizada en los lavados. Entre los materiales de fabricación se opta por el polietileno con una resistencia, calidad y costo superior a las otras opciones.

El mismo contará con un punto de suministro de agua, una tubería de desbordamiento, necesaria en caso de inactividad de las actividades de limpieza, una vía de servicio accesible que permanecerá bloqueada en caso de no uso y una bomba de agua. Ante eventualidades que pudieran surgir durante la operatoria, y por lo tanto una parada de actividades, se preverá una salida de agua clarificada con destino a la red pluvial, para evitar el desborde del reservorio.

3.6.2 ALTERNATIVA II - Laguna de aerobia o de maduración

Los objetivos fundamentales de este tipo de lagunas son: adicionar tiempo para la retención de patógenos, mejorar la calidad del efluente final, y servir como factor de seguridad por si las operaciones anteriores presentan fallas (Conagua, 2019). En el caso en estudio se utilizará esta laguna como lugar de almacenamiento del efluente clarificado, para luego reutilizarse en el lavado, según se mencionó oportunamente.

Se construyen con tiempos de permanencia entre 3 y 10 días, y profundidades relativamente bajas, de 1 a 1,5 metros, que permite la introducción de oxígeno atmosférico

en toda su extensión, y confiere un ambiente predominantemente aeróbico. No están impermeabilizadas permitiendo la infiltración del líquido en el suelo.

3.7 Tratamiento de lodos

En el diseño de la planta, se requiere de tecnologías para el tratamiento y manejo de desechos sólidos, ya que durante la depuración de los efluentes se generará una cantidad de lodos que deben ser tratados y dispuestos correctamente, según las legislaciones ambientales vigentes.

Los procesos de tratamiento que usualmente se aplican previo a la disposición final de los lodos por una empresa tercerizada habilitada son la concentración o espesamiento, digestión, acondicionamiento, y deshidratación/ secado.

Un aspecto a tener en cuenta es el costo de la disposición final, que varía de acuerdo al tipo y volumen de lodos que se generan en cada fase de tratamiento. En ese sentido, se distinguen los siguientes tipos de fangos:

- Lodos primarios:
 - Residuos provenientes del desbaste de tamaño considerable;
 - Arena o sólidos orgánicos que por su peso sedimentan, originados en el pretratamiento y tratamiento primario principalmente. Por las condiciones del efluente, este producto contendrá cantidades significativas de grasas y aceites;
 - Espuma formada por la acumulación en la superficie de materiales flotantes tales como grasas, aceites, detergentes u otro residuo inmisible en agua, generados en tanques de separación de fases;
- Lodos biológicos o secundarios, de aspecto floculento, provenientes del tratamiento secundario. Tienen una consistencia líquida o semisólida presentando entre un 1 - 2% de sólidos, y el resto agua.

Se espera que los residuos peligrosos que componen el agua residual estudiada, entre los que se destacan los hidrocarburos, aceites y grasas, sean separados por medio de

los tratamientos físicos, que incluyen el pretratamiento y tratamiento primario. Considerando esta premisa, los lodos generados en estas etapas clasifican como residuo peligroso, y deberán gestionarse en el marco de la Ley N° 24.051 Res N° 263/2021, bajo la corriente Y18/Y9 (Barros de planta de tratamientos de efluentes Y9, siendo Y9 las mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua).

Contrariamente, los fangos del tratamiento biológico no se espera que presenten este tipo de componentes y su contenido, según bibliografía, estará formado por agua mayoritariamente, por lo que resulta conveniente diferenciar la línea de fango en dos corrientes. Una que conduzca aquellos con presencia de compuestos derivados de aceites y grasas, y por otro lado, los lodos generados en el tratamiento biológico, de los cuales se harán estudios para su reutilización en otros fines. De esta manera, se reduce el volumen de residuos a tratar identificados como peligrosos, lo que se traduce en una disminución del costo de disposición final, así como también la inversión asociada a la elección del tratamiento.

En el caso de los barros provenientes de las lagunas se obvian las tres primeras etapas (espesamiento, digestión y acondicionamiento), ya que los mismos están digeridos por los largos tiempos de permanencia que implica este tipo de depuración. Igualmente, los barros originados en los lodos activos no originan barros primarios pues carecen de una unidad de sedimentación primaria. Por este motivo, se prescindirá del proceso de digestión.

3.7.1 Lodos biológicos

Para la línea de fangos secundarios se seleccionan dos posibles alternativas: sacos/ bolsas filtrantes y eras/lechos de secado, ya que los productos no poseen buenas características para su deshidratación mecánica (METCALF, 1998).

3.7.1.1 ALTERNATIVA I - Sacos filtrantes

En el caso de la alternativa de lodos activos se apuntará al uso de sacos filtrantes (Fig. XXVIII). El principio de funcionamiento de los primeros es contener los lodos y, mediante la presión que ejerce el peso de estos, facilitar el filtrado del líquido. Se compone

de una estructura de acero inoxidable que sustenta los sacos confeccionados con material poroso que permita el paso del agua, la cual es recolectada en una batea ubicada en la parte inferior de la estructura. Una vez llenos los depósitos se reemplazan del equipo por unos nuevos.



Fig. XXVIII: Estructura de sacos filtrantes para tratamiento de fangos. (Fuente: SALHER)

3.7.1.2 ALTERNATIVA II - Playa de secado

La alternativa de lagunas aireadas estará provista de playas de secado. Este sistema consta de un método simple y económico de deshidratar los lodos, consisten en filtros poco profundos llenos de arena y grava con un sistema de drenaje por debajo para la recolección de lixiviados. Se techan para evitar el alcance de las lluvias y por ende, la reducción de la eficiencia del proceso (Fig. XXIX). La línea de fango arriba por acción de la gravedad a la playa, donde el efluente se disgrega en el lixiviado que percola a través de la arena y se recircula a la cabeza del tratamiento secundario, y por otro lado, el residuo remanente que se seca por evaporación del líquido presente en la superficie. Una vez seco, se retira la capa de lodo para su posterior disposición conforme a lo que indica la ley.

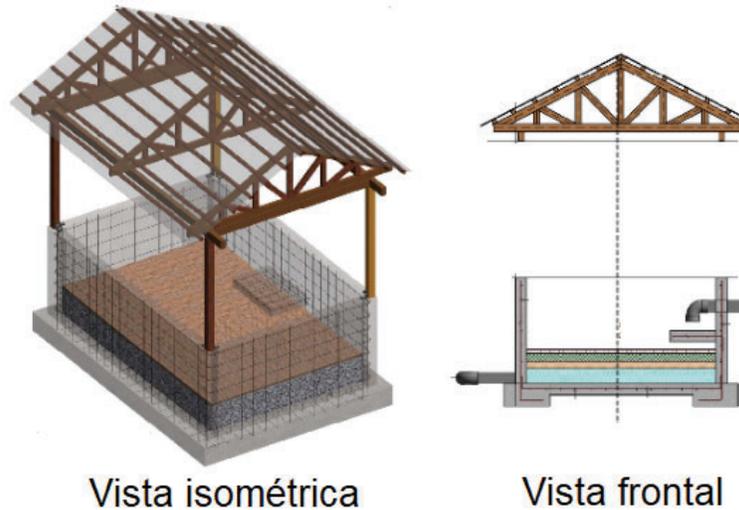


Fig. XXIX: Ilustración de componentes de un lecho de secado. Fuente: Google fotos

3.7.2 Lodos primarios

3.7.2.1 Centrifuga decantadora - Común a ambas alternativas

La línea de lodos restante corresponde a la corriente primaria. Al contar con grandes cantidades de grasas y aceites los sistemas de filtración no son viables por la colmatación de las telas. Asimismo, los lechos de secado se descartan, ya que la deshidratación puede llevar a la evaporación de hidrocarburos, siendo un factor de riesgo por la cercanía del espacio designado a la población. A su vez, los tiempos de extracción de lodos varían de un proceso a otro, siendo estacionario en las lagunas y periódico en los tratamientos primarios. A pesar de lo expresado, resulta conveniente elegir una alternativa que minimice el volumen generado en estas fases, para reducir los costos de disposición en relleno de seguridad. Por lo anteriormente mencionado, para ambas alternativas, se opta por una centrifuga decantadora que recepcionará los lodos generados en la fase primaria de tratamiento (Fig. XXX). Eventualmente, se podrían agregar agentes acondicionantes para mejorar los resultados.

Se desestimará en el tratamiento, los residuos provenientes de la etapa de desbaste inicial ya que podrían perjudicar el funcionamiento de la centrífuga. En este caso, dada su baja concentración, se opta por el mantenimiento manual del equipo y almacenamiento de los residuos generados en el recinto de residuos peligrosos.

La concentración de estos fangos está comprendida entre un 3 y un 3,5%, de manera que ya están espesados y se trataría el fango directamente mediante el proceso de centrifugación (Sastre, 2005).

Este tipo de equipo separa 3 fases simultáneamente en una etapa del proceso: dos soluciones inmiscibles, en este caso grasas y aceites del resto del líquido, y por otro lado, los sólidos. Aprovecha la fuerza centrífuga, con un efecto 10000 veces superior al de la gravedad, con gran precisión y velocidad, y fácilmente controlable. Consta de un tambor en posición horizontal que gira sobre dos piezas sujetas al bastidor. Su forma es cilíndrica finalizando en forma troncocónica. Montado en el mismo eje se encuentra un sinfín.

El resultado de la separación del sólido/líquido del fango es el mismo que se obtiene en un tanque decantador, con la gran diferencia de que la velocidad de decantación se ve incrementada ampliamente por la fuerza centrífuga generada por la velocidad de rotación de un tambor central. En el caso de los líquidos se estratifican, aprovechando la diferencia de densidad.

En lo que respecta a los productos resultantes del proceso, por un lado, se tomará una muestra del residual oleaginoso para evaluar su potencialidad como materia prima de segunda mano, que varias empresas retiran a costo cero bajo la corriente Y8, para su tratamiento y comercialización. Los sólidos serán removidos, retirados y tratados bajo un operador autorizado. La corriente líquida resultante, despojada de los sólidos, aceites y grasas, será recirculada a la cabeza del tratamiento primario para evitar cualquier rezago que pudiese perjudicar el tratamiento biológico.

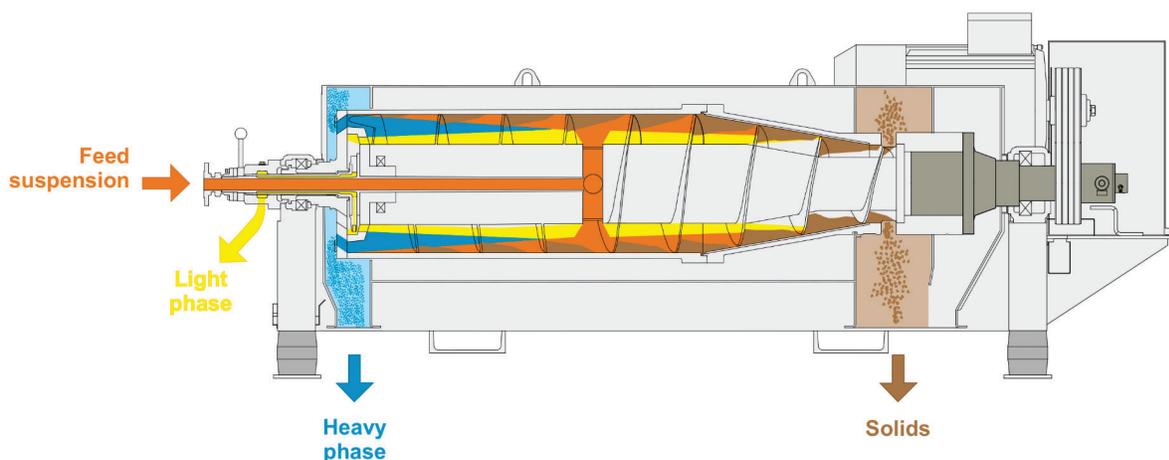


Fig. XXX: Ilustración de centrifugadora de 3 fases para tratamiento de lodos. (Fuente: Hiller separation & process)

Preselección de alternativas

En términos generales, se llevará a cabo un análisis cualitativo de las alternativas sugeridas. En el capítulo posterior serán evaluadas cuantitativamente para obtener una visión concreta de la situación, y finalmente tomar una decisión del tren de tratamiento más adecuado para el caso de estudio. Como se comentó inicialmente, las alternativas propuestas comparten el pretratamiento y tratamiento terciario, con lo cual, se hará hincapié en el análisis del tratamiento primario, secundario, y los componentes para la remoción de lodos. En este último caso, el análisis se centrará en las alternativas propuestas para los lodos biológicos, siendo que ambas comparten el mismo tratamiento para los lodos primarios.

Comparando los equipos de la fase primaria, se puede inferir que constructivamente, el sistema API requiere una mayor área frente al coalescedor, cuyo diseño es compacto. Asimismo, presenta partes móviles a diferencia del separador de placas, por lo que requiere un mayor mantenimiento, aunque las placas del CPI se deben renovar cada cierta periodicidad de tiempo, conllevando en un costo adicional. En referencia a los costos iniciales, el valor del CPI supera al API. Los separadores API poseen una mayor superficie

de contacto con el aire al no tener cobertura, por lo que eventualmente podrían constituir un problema, por evaporación de los hidrocarburos (Monge Sandi, 2015). Los tiempos de permanencia del API son considerablemente mayores que los del CPI. En términos de remoción de contaminantes, no presentan una gran diferencia, salvando que los CPI retienen hidrocarburos de menor diámetro de partícula. El análisis anterior se resume en una matriz FODA, presentada en la tabla VI.

Tabla VI: Matriz comparativa FODA para tratamientos primarios de separación física

	Separador de placas paralelas	Separador API
Fortalezas	Alta eficiencia en la eliminación de grasas y aceites, específicamente emulsiones Capacidad para eliminar partículas de menor tamaño Diseño compacto y de fácil instalación Bajo riesgo de obturación Bajos tiempos de inoperatividad	Eficiencia en separación de grandes volúmenes de hidrocarburos livianos Operación simple y mantenimiento relativamente sencillo
Debilidades	Recambio de placas Costo inicial elevado	Eficiencia limitada para separación de grasas y partículas más pesadas Monitoreo y control más estricto para garantizar un rendimiento óptimo Gran superficie requerida Aumento en la frecuencia de mantenimiento por partes móviles
Oportunidades	Capacitación del personal Posibilidad de utilizar espacio disponible para otras actividades	Capacitación del personal Posibilidad de adicionar floculantes químicos para mejorar eficiencia
Amenazas	Aumento del costo de los servicios Control de la autoridades de aplicación Falta de personal capacitado	Liberación de hidrocarburos volátiles a la atmósfera

En el balance de características positivas y negativas, se resuelve que la unidad preferencial es el CPI.

Analizando el tratamiento secundario de cada alternativa, se deduce que el sistema de lagunas requiere mayor superficie que el sistema de lodos activos, siendo un factor relevante en la elección final, dado el acotado terreno disponible (Metcalf, 1998). En términos de consumo energético no se esperan grandes diferencias, ya que ambas disponen de sistemas de aireación. Si bien se espera que el requerimiento energético de la laguna sea mayor por el volumen de la misma, el sistema de lodos activos presenta recirculación de lodos con asistencia de bomba, manteniendo, a priori, la igualdad de condiciones. El tratamiento de lodos en la laguna es estacionario y no continuo a diferencia de la otra alternativa, por lo que la extracción periódica de lodos resultará menor, y se evitarán los riesgos de manejar y disponer sanitariamente los lodos contaminados. Asimismo, la utilidad del terreno es dinámica, por lo que eventualmente se podría requerir para actividades ferroviarias, siendo un impedimento en el caso de las lagunas que no permiten su fácil movilidad. Con respecto a la remoción, los lodos activos presentan una eficiencia de DBO_5 y sólidos suspendidos de 90-95%. 80-90% respectivamente, mientras que el sistema de lagunaje, 50-60% de DBO_5 y 60-80 de SST (Andrade Loor et al., 2017). En cuanto al mantenimiento y la operación se encuentran en condiciones similares. Las lagunas tienen gran dependencia de las condiciones ambientales.

Tabla VII: Matriz comparativa FODA para tratamientos secundarios y de almacenamiento de agua tratada

	Lodos activos + Tanque de almacenamiento de agua	Lagunas aireadas mecánicamente + Laguna de maduración
Fortalezas	<p>Alta eficiencia en la eliminación de materia orgánica, nutrientes y SST</p> <p>Tecnología conocida</p> <p>Capacidad para tratar cargas de aguas residuales variables</p> <p>Bajo requerimiento de espacio</p> <p>Facilidad de operación y mantenimiento</p>	<p>Retiro y disposición de lodos de manera discontinua</p> <p>Operación y mantenimiento sencillos</p> <p>Efectivo en remoción de carga orgánica y nutrientes</p>

Debilidades	<p>Inversión inicial y costos operativos altos</p> <p>Generación de lodos elevada</p> <p>Consumo de energía elevado por necesidad de mezcla y aireación en reactor</p>	<p>Espacio requerido alto</p> <p>Eficiencia intermedia en eliminación de SST</p> <p>Sensibilidad a las condiciones climáticas extremas</p> <p>Consumo de energía por aireación</p>
Oportunidades	<p>Capacitación del personal</p> <p>Posibilidad de utilizar espacio disponible para otras actividades</p>	<p>Capacitación del personal</p>
Amenazas	<p>Aumento del costo de los servicios</p> <p>Control de la autoridades de aplicación</p> <p>Falta de personal capacitado</p>	<p>Proliferación de vectores como el dengue en épocas estivales</p> <p>Aparición de olores</p>

La elección en esta fase del tratamiento, se direcciona al reactor de lodos activos. La última etapa que se evalúa es el tratamiento de lodos, aunque no será decisiva en la elección de la alternativa. Las ventajas del lecho de secado radican en su bajo costo de mantenimiento, operación e inversión inicial. Sin embargo, requieren de mucha superficie, la eficiencia está sujeta a las condiciones ambientales, y presenta generación de olores. A su vez, requiere de mano de obra para remover el producto y retirar los lodos secos para su acopio (Dodane et al., 2014). En el caso de las bolsas filtrantes, resaltan por su practicidad, el tiempo de secado y la ocupación de menos espacio frente a la otra alternativa. No obstante, presentan un elevado costo inicial y asociado al recambio de las mismas.

Luego de hacer el balance de las alternativas, se puede inferir que la mejor alternativa a aplicar en el efluente proveniente del lavado de vehículos ferroviarios es la ALTERNATIVA I. Sin embargo, de este análisis surgen algunos interrogantes, que son fundamentales en la toma decisión, como ser los costos reales y el área requerida, que deberán ser corroborados mediante un análisis más profundo a través de los cálculos que se

desarrollaran en el siguiente apartado. De esta manera, se podrá acreditar fehacientemente la decisión tomada.

CAPÍTULO IV. MEMORIA DE CÁLCULO

En el capítulo anterior, se describieron los pro y contras de las alternativas sugeridas. En el presente capítulo, se dimensionan cada una de las unidades elegidas para cada tratamiento, de manera de obtener datos certeros, que permitan definir el proceso de depuración más conveniente para el efluente en estudio.

Cabe destacar que los resultados que surjan de este capítulo son meramente teóricos. En la práctica se deberán realizar ensayos de laboratorio para evaluar la eficiencia de los procesos desarrollados en las diferentes unidades en el tratamiento del efluente de lavado, que permitan definir a escala de laboratorio los parámetros óptimos de diseño.

De acuerdo a las mediciones que se llevaron a cabo en campo durante las actividades de lavado, detallados en el capítulo II, se presentan en la tabla VIII los caudales que serán de relevancia en adelante, para el dimensionamiento de las unidades. El máximo y mínimo fue adoptado considerando una desviación del 20% por encima o por debajo del caudal medio, respectivamente. Asimismo, se expone el caudal de bibliografía determinado para el efluente cloacal.

Tabla VIII: Caudales cloacal e industrial proveniente del lavado de piezas y formaciones

Caudal	Valor (m ³ /día)
Industrial mínimo	87,68
Industrial medio	109,6
Industrial máximo	131,52
Cloacal	19,2

Resulta necesario aclarar que las bombas y accesorios no serán objetivo de diseño de este capítulo, sino del capítulo posterior, una vez elegida la alternativa a utilizar en este tipo de tratamiento.

4.1 ALTERNATIVA I y II

4.1.1 Pretratamiento - Efluente industrial

Para el diseño de las alternativas de este apartado se tendrá en cuenta la caracterización explicitada en la Tabla III, que corresponden al efluente industrial únicamente.

4.1.1.1 Sistema de rejas

El sistema de rejas seleccionado presenta barrotes de sección circular, y el mantenimiento será manual, ya que el caudal que atraviesa las mismas es relativamente pequeño. En función de estas características, la bibliográfica consultada define rangos para determinados parámetros, que se tuvieron en cuenta a la hora de fijar un valor para los mismos. Estos son la velocidad de acercamiento (v), la separación entre barras (b), el ancho de barras (w), el ángulo de inclinación de la reja con respecto a la vertical (Θ) y el factor de forma de la barra (β).

En la tabla IX se presentan los parámetros mencionados, el rango establecido para las características que se proponen y el valor seleccionado para el diseño.

Tabla IX: Valores adoptados para parámetros requeridos en el dimensionamiento de rejas, según rangos bibliográficos. Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Definición	Unidad	Rango bibliográfico	Valor
v	Velocidad de paso	m/s	0,3-0,6	0,3
b	Separación entre barras	m	0,025-0,05	0,035
w	Ancho de barras	m	0,005-0,015	0,01
tita v	Pendiente en relación a la vertical	°	30-45	45
beta	Factor de forma de barra		1,79	1,79

A partir del caudal de diseño, y la velocidad de acercamiento fijada, se calcula el área de la canaleta (A_c), mediante la siguiente ecuación:

$$A_c = \frac{Q}{v} \quad (5)$$

Se adoptó la anchura del canal (W_c), y por medio del cociente entre el área de la canaleta y el valor de W_c , se obtuvo la altura aguas arriba (H_v), según:

$$H_v = \frac{A_c}{W_c} \quad (6)$$

La altura de pérdida de carga (h_l) se determinó con la expresión que se detalla a continuación:

$$h_L = \beta \left(\frac{W}{b} \right)^{4/3} H_v \text{sen}(\Theta) \quad (7)$$

donde

β : Factor de forma de la barra, en este caso, circular

w: Ancho transversal de barras en la dirección de la corriente (m)

b: Separación mínima entre barras (m)

H_v : Altura aguas arriba (m)

Θ : Ángulo de inclinación de la reja con respecto a la horizontal (rad)

Se corrobora que el valor obtenido de la altura de pérdida de carga, resultante de la Ecuación 5, cumpla con el valor admisible de bibliografía (menor a 0,15 m).

Para determinar la altura final del canal, se tomó una cota de 0,5m y se le adiciona el valor de la altura de pérdida de carga (h_l) y la altura aguas arriba (H_v).

$$H = 1m + h_L + H_v \quad (8)$$

Una vez calculadas las dimensiones del canal, se procede a definir las barras que conforman la reja. Es así que, utilizando la altura del canal (H) y el ángulo de inclinación de la reja respecto a la vertical, se determina el largo de las barras:

$$L = H/\sin(\theta) \quad (9)$$

Posteriormente, se determinó el número de barras requeridas para el canal diseñado, a través de la Ecuación 8, redondeando el valor arrojado:

$$N_b = \frac{Wc - b}{w + b} \quad (10)$$

A su vez, el número de espacio entre las barras (N_e) se determina sumando una unidad al valor obtenido en la Ecuación 10.

Por último, se realizó la verificación del ancho del canal (Wc) con los datos procedentes de las rejas, según la ecuación siguiente:

$$Wc = w * N_b + b * N_e \quad (11)$$

Asimismo, se comprobó que la velocidad de paso estuviese dentro del rango bibliográfico a través de la fórmula que se describe a continuación:

$$v = \frac{Q}{Wc * hv} \quad (12)$$

En la tabla X, se muestran los valores de diseño resultantes de los cálculos efectuados con anterioridad para los elementos que componen el sistema de desbaste:

Tabla X: Geometría del sistema de rejas de sección circular. Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Definición	Unidad	Valor
Geometría del canal			
H	Altura canal	m	0,60
Lc	Largo del canal	m	1,00
Wc	Ancho del canal	m	0,30
At	Área transversal	m ²	0,18
Geometría de las rejas			
L	Largo de barras	m	0,85
Nb	Número de barras	un	6,00

Se verifica que los parámetros calculados, especialmente la velocidad de paso y la pérdida de carga, cumplan con los rangos establecidos según bibliografía, para el caso de caudal máximo y mínimo.

Generación de lodos

Se consigue una concentración estimativa de generación de lodos, ingresando al gráfico del ANEXO III con el valor de la separación entre barras. El valor máximo es de $81 \text{ cm}^3/\text{m}^3$, que al multiplicarlo por el caudal diario se obtiene la cantidad de lodos que se producen en el sistema de rejas, con un valor de 2,95 L/día.

4.1.1.2 Trampa de grasas y aceites

El efluente ingresa a la unidad de retención de grasas y aceites, cuyo objetivo es remover estos compuestos, y prevenir el atascamiento de los sistemas de conducción y la eficiencia de los tratamientos posteriores. Dada la existencia de la misma en el predio en estudio, se harán los cálculos para evaluar si las características estructurales de la misma son adecuadas para recepcionar y tratar el efluente en cuestión.

Para diseñar la cámara, se utilizó el caudal máximo ($7,2 \text{ m}^3/\text{h}$) y se tomó un tiempo de permanencia del fluido en el interior de la cámara de 30 minutos según Sastre (2005), que permita una adecuada eficiencia en la remoción de las grasas. Es así, que al dividir estos dos parámetros se consigue el volumen del tanque.

Se establece una altura mayor a 0,8 metros según indica las “Especificaciones técnicas para el diseño de una trampa de grasa” (UNATSABAR, 2003), y se adiciona un margen de seguridad de 0,3 metros, que permita un espacio libre entre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa. Se determina el área y mediante una relación largo/ancho de 2, se definen las dimensiones del tanque (Tabla XI).

Tabla XI: Dimensiones de trampa de grasas

Parámetro		Unidad	Valor
Volumen	V	m ³	3,60
Altura	H	m	1,80
Área	A	m ²	2,40
Largo	L	m	2,20
Ancho	W	m	1,10

Se toman en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño de la cámara, indicadas por la Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural (2003):

- El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de codo de 90° y un diámetro de 75 mm. La salida será por medio de una tee con un diámetro de 75 mm.
- La parte inferior del codo de entrada se prolongará hasta 0,20 m por debajo del nivel de líquido.
- La parte inferior de la tubería de salida deberá estar a 0,1 m del fondo.
- La trampa de grasas debe quedar enterrada de tal forma que la tapa quede a la vista con el fin de poder hacer las inspecciones rutinarias.
- La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.

Habiendo hecho los cálculos se resume que las dimensiones del tanque de grasas son coherentes con el volumen de efluente generado por día. Sin embargo, se incorporará una pantalla deflectora en la sección final de la cámara para mejorar la retención de los componentes oleaginosos. Cabe destacar que esta unidad no presenta una zona para los sólidos que pudieran llegar a acumularse en el fondo, que aunque el tiempo de permanencia no es suficiente para acumular una gran cantidad se debe tener especial cuidado y atención en la extracción de lodos, para evitar una sobrecarga de la unidad que devenga en una reducción de la eficiencia.

Generación de lodos

En esta unidad se pueden generar dos tipos de productos: Derivados de oleaginosos que tienden a ascender a la superficie y sólidos suspendidos, que decantan en la base del recipiente. La eficiencia de remoción de SST del tamiz ronda un 15%.

Con el fin de poder consolidar los diferentes tipos de barro generados en un mismo parámetro, permitiendo el dimensionamiento del equipo que posibilite su tratamiento, se procede a calcular el volumen de barro generado, según:

$$V_{Lodo} = \frac{M_{Lodo}}{\rho_{Lodo} \times (1-H)} \quad (13)$$

Donde:

V_{Lodo} = Volumen de lodos producido por día ($m^3/día$)

ρ_{Lodo} = Densidad relativa del lodo (kg/m^3)

H = Porcentaje de humedad del lodo (%)

Cabe destacar que la densidad y el porcentaje de humedad varía según el tipo de producto resultante de cada unidad. En este caso en particular, se adopta una $\rho_{Lodo} = 1030$ kg/m^3 y un porcentaje de humedad de 93%. De esta manera, se obtiene que M_{Lodo} y V_{Lodo} son 65 $kg/día$ y 0,9 m^3 día, respectivamente.

La cantidad de grasas generadas por día se determina mediante la siguiente ecuación:

$$G = 6.10^{-5} \times Q \times C \times J \quad (14)$$

donde:

G: Grasa removida diariamente ($kg/día$) (Se asume eficiencia igual a 80%)

Q: Caudal de residuos líquidos a tratar (l/min)

C: Concentración de grasas y aceites en los residuos líquidos a tratar (mg/l)

J : Duración de la jornada en el establecimiento ($h/día$)

La tasa diaria de generación de grasas arroja un total de 25,8 kg/día.

La generación de sólidos se calcula siguiendo los mismos criterios descritos para los SST. La humedad en este caso es de 80% y una densidad de lodo de 1030 kg/m³. El resultado de las operaciones arroja un valor de 0,11 m³/día, asumiendo una remoción del 15%.

4.1.3.1 Tanque de ecualización

A esta unidad arriba el efluente industrial para su mezcla, homogeneización y estabilización, previendo futuras complicaciones en las unidades posteriores de características operativas más sensibles.

Para diseñar esta unidad, inicialmente se debe calcular el volumen de tanque requerido. A raíz de no contar con los caudales horarios generados en la planta, se siguen los siguientes pasos para la determinación del volumen del tanque que provea un caudal estable a las operaciones posteriores. Es por ello, que se tomó el caudal producido por día y se lo multiplicó por el total de días que opera el personal en las plataformas de lavado, para obtener el caudal semanal:

$$Q_{semanal} (m^3/semana) = Q_{diseño} (m^3/día) \times \text{Días de producción} (día/semana) \quad (15)$$

El siguiente paso, fue realizar el cociente entre el caudal semanal y la totalidad de los días de una semana, es decir, 7, para obtener un caudal de salida que provea, a las siguientes unidades del sistema de tratamiento, una alimentación constante:

$$Q_{salida} (m^3/día) = Q_{semanal} (m^3/semana) / \text{Días de una semana} (día/semana) \quad (16)$$

Debido a que la producción durante los días de trabajo es continua, se calcula el caudal que se debe acumular durante la semana para asegurar la alimentación ininterrumpida a las tratamientos posteriores, incluyendo el día donde el proceso productivo está inactivo:

$$Q_{acumulado} (m^3/semana) = Q_{semanal} (m^3/semana) - Q_{salida} (m^3/día) \times \text{Días de producción} (día/semana) \quad (17)$$

El caudal acumulado es semanal, por lo tanto se deberá determinar el volumen por día de trabajo que se deberá acumular para abastecer el día sin producción, según la siguiente fórmula:

$$Q_{requerido} (m^3/día) = Q_{acumulado} (m^3/semana) / \text{Días de producción (día/semana)} \quad (18)$$

En este último paso, se determinará el volumen del tanque de homogeneización, considerando que la unidad debe tolerar el caudal producido por día, más el caudal requerido que se debe acumular durante los días de producción, para proporcionar la alimentación constante a la planta en toda la semana, por ende:

$$V_{tanque} = Q_{diario} (m^3/día) \times 1 \text{ día} + Q_{requerido} (m^3/día) \times \text{Días de producción (día/semana)} \quad (19)$$

Los resultados de las operaciones anteriores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla XII: Parámetros necesarios para diseñar el tanque de homogenización

Parámetro	Unidad	Valor
Q diario	m ³ /día	109,60
Días de producción	día	6,00
Q semanal	m ³ /semana	657,60
Q salida	m ³ /día	93,94
Q acumulado	m ³ /semana	93,94
Q requerido	m ³ / día de prod	15,66
V tanque	m ³	203,54

Al volumen de tanque obtenido se le adiciona un 20% como margen de seguridad, obteniendo un valor de 260 m³. Se opta por una geometría de tanque circular, y en función de estas características, se proponen distintas alturas y se calculan los diámetros y áreas, para evaluar la que mejor se ajuste al área disponible del predio, sea económicamente accesible y propicie las condiciones necesarias de mezcla. Por ende, se opta por un diámetro de 8 metros y una altura de 4,8 metros.

Para la mezcla, se utilizarán difusores de burbuja gruesa REPICKY CB-300. En el ANEXO IV, se explicitan las características técnicas y operativas de los difusores. Si bien el caudal de diseño sugerido es de 10 N.m³/h, para cumplir con el rango de densidad, se selecciona un caudal de 4 N.m³/h, que permanece dentro del rango de caudal. El caudal de aire requerido para lograr la homogeneización del efluente se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{aire} \left(\frac{m^3 \text{ aire}}{h} \right) = \text{Área} (m^2 \text{ reactor}) \times 0,037 \frac{m^3 \text{ aire}}{m^2 \text{ reactor} \cdot \text{min}} \times 60 \frac{\text{min}}{h} \quad (20)$$

Con el cociente entre el aire requerido y la capacidad operativa de los difusores, se determinó la cantidad necesario de los mismos:

$$N^{\circ} \text{ difusores} = \frac{Q_{aire0} \left(\frac{m^3 \text{ aire}}{h} \right)}{10 \left(\frac{m^3 \text{ aire}}{h} \right)} \quad (21)$$

Luego, considerando la potencia requerida y la eficiencia de transferencia más baja (0,8 kg O₂/ kWh), se eligieron dos sopladores REPICKY modelo R1.5, trabajando en paralelo (ANEXO IV). Para esta configuración se obtiene una densidad de difusores por metro cuadrado del equalizador de 0,22. Los datos obtenidos para el sistema de mezcla se reflejan en la Tabla XIII.

Tabla XIII: Dimensiones y condiciones de operación del sistema de mezcla del tanque de homogeneización

Parámetro	Unidad	Valor
MEZCLA		
Caudal de aire requerido	m ³ /h	120,49
Caudal de O ₂ requerido	Kg O ₂ /h	32,29
DIFUSOR - BURBUJA GRUESA		
Caudal de aire por difusor	m ³ /h	4,00
Número de difusores necesarios	unidad	31,00
Densidad de difusores	unidad/m ²	0,55
SOPLADOR		
Número de sopladores	un	2,00
Modelo		R1.5
Potencia	HP	28,30

Como se mencionó anteriormente, las unidades posteriores al tanque de homogeneización deben ser provistas de un caudal constante, para su correcto funcionamiento, específicamente en el tratamiento biológico. Por consiguiente, se utilizará a partir de ahora como caudal de diseño, aquel calculado en la Ecuación 16, cuyo valor es de **93,94 m³/día**.

4.1.2 Pretratamiento - Efluente cloacal

4.1.2.1 Sistema de rejas

Paralelamente, se dispone una unidad de desbaste para retener los sólidos gruesos que se originen en los sanitarios dentro de las dependencias de mantenimiento de todo el predio. Se propone el mismo sistema de rejas que para el efluente industrial. El caudal de diseño empleado para esta unidad, surge de la Tabla VII. En este caso, el caudal máximo y mínimo se adoptan considerando una diferencia del 20% del caudal medio.

Se utilizan las ecuaciones 3-10, para diseñar el sistema, obteniendo como resultado, los valores que se presentan en la tabla XIV.

Tabla XIV: Geometría del sistema de rejas de sección circular para efluente cloacal

Parámetro	Definición	Unidad	Valor
Geometría del canal			
H	Altura canal	m	0,50
Lc	Largo del canal	m	0,90
Wc	Ancho del canal	m	0,30
At	Área transversal del canal	m ²	0,15
Geometría de las rejas			
L	Largo de barras	m	0,70
Nb	Número de barras	un	7,00

Generación de lodos

Al igual que el sistema de rejas del efluente industrial, se calcula la generación de lodos, dando como resultado un valor de 1,24 l/día.

4.1.2.1 Tamiz

Para el diseño de esta unidad, se tuvieron en cuenta dos parámetros fundamentales: el caudal del efluente que circulará por el tamiz, y el tamaño de la partícula que se quiere filtrar. A partir de estos valores, se opta por un modelo del catálogo que ofrece el proveedor AQUAENERGY SOLUCIONES TÉCNICAS (ANEXO V).

El modelo seleccionado es el TES-12-600, con luz de paso de 0,25 mm y caudal permitido de hasta 19 m³/h, cuyas medidas y dimensiones se establecen en la tabla XV, con referencias en la Figura XXXI.

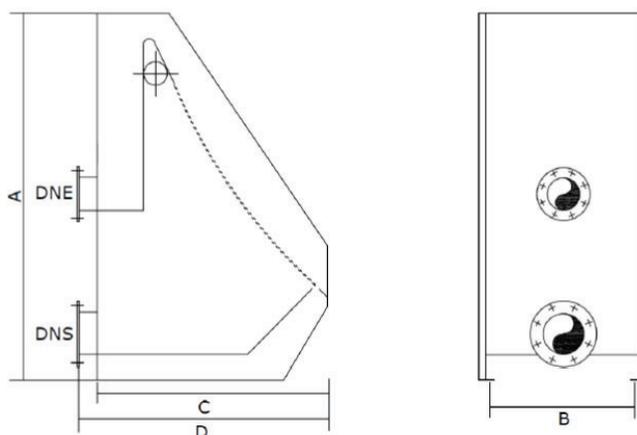


Fig. XXXI: Plano del tamiz estático con referencia de las dimensiones necesarias para su construcción. Fuente: Aquaenergy Soluciones Técnicas

Tabla XV: Dimensiones para un tamiz estático modelo TES-12600

Parámetro	Valor (mm)
A	1200
B	600
C	960
D	1060
DNE	100
DNS	150

Generación de lodos

Para determinar la producción de barros de esta unidad y las que preceden, se utilizará la ecuación 22.

$$M_{Lodo} = Q \times SST \times R \quad (22)$$

Donde:

M_{Lodo} = Masa de lodo producida por día (kg/día)

Q = Caudal de diseño de la unidad (m³/día)

SST = Concentración de sólidos suspendidos totales en el ingreso (mg/L)

R = Porcentaje de remoción de SST de la unidad (%)

La eficiencia de remoción de SST del tamiz ronda un 25 y 50%, optando por un valor intermedio en esta oportunidad.

Con el fin de poder consolidar los diferentes tipos de barros generados en un mismo parámetro, permitiendo el dimensionamiento del equipo que posibilite su tratamiento, se procede a calcular el volumen de barro generado, según:

$$V_{Lodo} = \frac{M_{Lodo}}{\rho_{Lodo} \times (1-H)} \quad (23)$$

Donde:

V_{Lodo} = Volumen de lodos producido por día (m³/día)

ρ_{Lodo} = Densidad relativa del lodo (kg/m³)

H = Porcentaje de humedad del lodo (%)

Cabe destacar que la densidad y el porcentaje de humedad varía según el tipo de producto resultante de cada unidad. En este caso en particular, se adopta una $\rho_{Lodo} = 1010$ kg/m³ y un porcentaje de humedad de 93%. De esta manera, se obtiene que $V_{Lodo} = 0,03$ m³/d.

4.2 ALTERNATIVA I

4.2.1 Tratamiento primario (Separador CPI) - Efluente industrial

Este dispositivo ofrece un diseño modular pequeño, a diferencia de la estructura del separador API, ya que incorpora en su interior un paquete de placas corrugadas, que incrementa el área efectiva de contacto, y por ende, una mayor eficiencia.

Para el diseño de esta unidad, se tomaron las consideraciones que define API 421 “diseño y operación de separadores de agua-aceite” y “sistemas de separación de partículas / líquidos”. Con placas corrugadas inclinadas, para el tratamiento de agua de proceso, agua potable y aguas residuales” de Water Smart Environmental (1999).

Inicialmente, se calcula la velocidad ascensional de la partícula, mediante la Ley de Stokes discriminada en la Ecuación 23. El separador permite la disgregación de partículas oleaginosas de menor tamaño, por lo que se tomará un diámetro de $6 \cdot 10^{-3}$ cm (Water Smart Environmental Inc, 1999). Los cálculos se harán con las condiciones menos favorables, es decir, aquellas en temporada de invierno.

Por medio del cociente entre el caudal de entrada al separador (Q_d) y la velocidad ascensional del aceite (V_a), se calcula el área superficial (A_s).

Se utiliza el flujo de diseño de entrada al separador y el valor obtenido del área superficial, para calcular la carga superficial, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$C_s = \frac{Q_d}{A_s} \quad (24)$$

Las dimensiones (ancho y largo) de cada placa deben mantenerse por debajo de los 2 metros para mantener un flujo laminar. Se establece un valor de ancho (W_p) y de largo (L_p) de 0,5, obteniendo un área de placa de 0,25 metros.

Se fijan rangos típicos para algunas variables de diseño de las placas corrugadas (API 421, 1990), expresadas a continuación:

- Separación entre placas (E): 0,02-0,05 m
- Ángulo de inclinación de la placa con respecto a la horizontal (θ): 45-60°
- Dirección del fluido: Ascendente - Descendente

El próximo paso es la determinación del área transversal de paso del fluido (A_t), mediante la multiplicación del largo de la placa y la separación entre las mismas.

El área proyectada de la placa se calcula por medio de la ecuación 25.

$$A_Y = P_h \times L_p \times \cos(\theta) \quad (25)$$

donde

A_Y : Área proyectada de la placa (m^2)

P_h : Perímetro humedecido (m) - Sumatoria de 2 veces el largo de la placa

L_p : Largo de la placa (m)

θ : Ángulo de inclinación de las placas ($^\circ$)

Luego, se determina la capacidad de la placa (C_p), multiplicando el área proyectada de la placa (A_Y) y la carga superficial (C_S).

Se calcula el número de Reynolds (Ecuación 27) para predecir si el fluido se comporta bajo un régimen laminar o turbulento. En condiciones de flujo laminar (<500) se produce la máxima separación de las partículas. Asimismo, las velocidades calculadas sólo son válidas para este rango de Re.

$$Re = \frac{HD \times \rho \times v}{\mu} \quad (26)$$

Re: Número de Reynolds

HD: Diámetro hidráulico (m)

ρ : Densidad del fluido a eliminar (g/m^3)

v: Velocidad lineal del fluido (m/s)

μ : Viscosidad absoluta (g/m.s)

Cuando el paso de flujo de fluido tiene un área de sección transversal que no sea un círculo, el diámetro hidráulico (HD) se calcula por medio del cociente entre 4 veces la sección transversal (A_t) y el perímetro mojado (P_h). La velocidad lineal del fluido surge de la división entre la capacidad de la placa (C_p) y el área transversal (A_t).

El resultado del número de Re es de 29, manteniéndose en un flujo laminar.

Para calcular el tiempo que demoran las partículas en llegar a la superficie del separador, se debe calcular la distancia entre las placas (D), y la velocidad ascensional del glóbulo de aceite (V_a). La distancia entre placas surge de dividir el espaciamiento entre placas y el seno del ángulo de inclinación. El resultado del tiempo de ascenso es de 4 minutos aproximadamente.

El número de placas necesarias se calcula con la siguiente ecuación, arrojando un valor de 15 placas.

$$N_p = \frac{A_s}{A_p} \quad (27)$$

Las placas se diseñarán por paquetes para facilitar el reemplazo por bloques en caso de mantenimiento o daños, que no perjudiquen el normal funcionamiento del equipo, ni encarezcan los costos, debiendo retirar la totalidad de las placas. Las características de los paquetes de placas se definen en la Tabla XVI.

Tabla XVI: Características de los paquetes de placas coalescentes para un separador CPI

Parámetro	Unidad	Valor	
Dimensionamiento de placas			
Ancho placa	Bp	m	0,5
Largo placa	Lp	m	1
Espesor de placa	e	m	0,01
Área placa	Sp	m ²	0,5
Dimensionamiento de paquete de placas			
N° de placas	Np	un	51
Paquetes de placas	P	un	4
N° de placas por paquete	Npp	un	13
Espesor por paquete de placa	E _{paquete}	m	0,25

Las dimensiones del equipo quedan establecidas según relaciones trigonométricas, teniendo en cuenta la Fig. XXXII. Al volumen del equipo se le adiciona un 10% de sobredimensionamiento, según indica API 421.

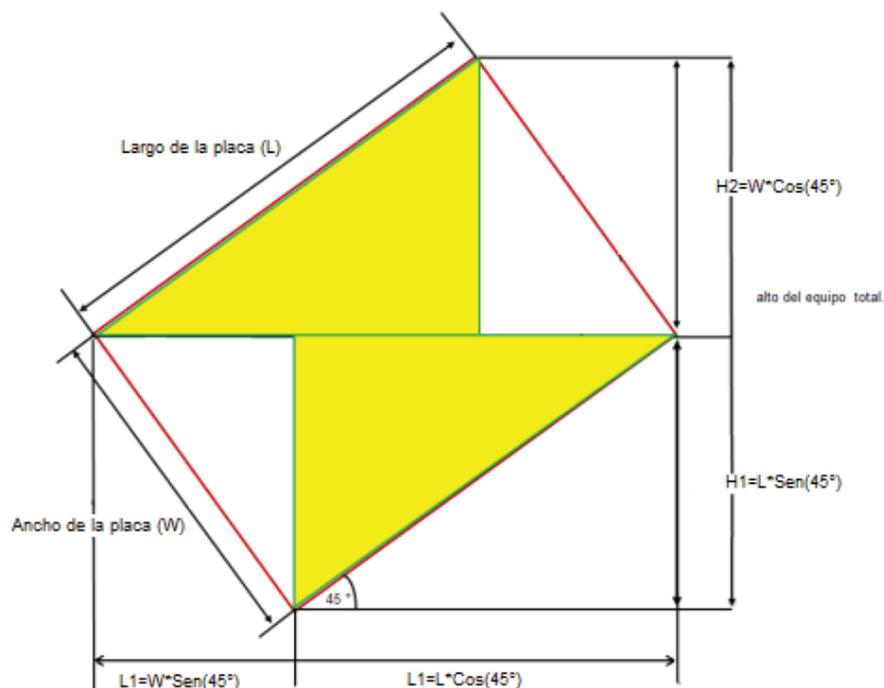


Fig. XXXII: Relaciones trigonométricas para el dimensionamiento del separador de placas coalescentes. Fuente: Elaboración propia

Habiendo hecho los cálculos correspondientes, se evaluaron diferentes proveedores con el fin de seleccionar aquel cuyos equipos mejor se adapten a los resultados obtenidos. Es así, que se opta por un equipo SWSCPS060 de la firma Sumio Water Systems, de la siguiente geometría: 2,43 m de largo x 1,42 m de ancho x 2,13 m de altura. Internamente, se instalarán 4 paquetes con 13 placas de fibra de vidrio cada uno.

4.2.2 Pozo de bombeo - Unión de efluentes

A los fines de elevar el efluente a la siguiente unidad, puesto que la misma se posicionará a una altura superior a la de tratamiento primario, y entendiendo que el efluente no tendrá la fuerza de gravedad suficiente para alcanzar la misma, se colocará un pozo de bombeo dotado por una bomba de impulsión, que además de cumplir con la función mencionada, se utilizará también para recibir el efluente cloacal. Dado que este último no es relevante en comparación con el efluente industrial, se espera que no haya una variación considerable de las características del efluente y el volumen.

El diseño de la cámara tuvo en cuenta la colocación de dos bombas N° 2. La altura se definió considerando una altura mínima de sumergencia. En cuanto al ancho se utilizaron las dimensiones de las dos bombas más un margen de seguridad, que sea lo suficiente para permitir el funcionamiento de las mismas pero no excesivo, para evitar la sedimentación en el tanque. Esto resulta en una unidad de 1,5 m de altura, 2 m de largo y ancho.

Asimismo, al fusionarse los caudales en esta etapa se debe determinar la concentración de los parámetros de la mezcla, la cual deriva del balance de masa que se visualiza en la siguiente ecuación, utilizando el parámetro DBO_5 de referencia:

$$DBO5_{mezcla} = \frac{DBO5_{cloacal} \times Q_{cloacal} + DBO5_{industrial} \times Q_{industrial}}{Q_{mezcla}} \quad (28)$$

Por su parte, el caudal de mezcla, el cual se utilizará a partir de ahora para las unidades subsiguientes, se obtiene de la suma de ambos caudales según:

$$Q_{mezcla} = Q_{cloacal} + Q_{industrial} \quad (29)$$

En esta instancia se comprueba nuevamente la biodegradabilidad del efluente. El nuevo resultado de cada parámetro, provisto en la Tabla XVII, surge de la remoción de los contaminantes en las diferentes etapas de pretratamiento y tratamiento primario, y de la dilución que conlleva la unión del efluente industrial con el efluente cloacal en esta instancia de tratamiento. El grado de eliminación de cada etapa fue tomado de referencias bibliográficas. Una vez se avance con la ejecución del proyecto, se deberán corroborar los porcentajes tomados de bibliografía con estudios analíticos a escala piloto en laboratorio.

Tabla XVII: Valores de parámetros del efluente industrial + efluente cloacal, a la salida del pozo de bombeo, para la Alternativa I

Parámetro	Unidad	Valor	Valores límite normativa
Caudal	m ³ /día	113,14	-
DBO ₅	mg/L	273,24	<15
DQO	mg/L	676,73	<125
SST	mg/L	346,94	<30
P	mg/L	1,83	<1
N total	mg/L	13,35	<35
Patógenos	NFU/100mL	1,69x10 ⁷	<500
SSEE	mg/L	29,81	<50
SAAM	mg/L	20,04	<2
Hidrocarburos totales	mg/L	4,70	<10

Como se puede observar, los tratamientos precedentes no son suficientes para reducir los valores hasta alcanzar el límite que exige la normativa. En esta instancia, se reajusta el índice de biodegradabilidad, obteniendo un resultado de 0,66. Esto demuestra que el efluente total cuenta con las condiciones para ser tratado mediante un proceso biológico de manera eficiente.

Para asegurar el crecimiento de los microorganismos en la fase biológica, se comprueba la cantidad de nutrientes según la relación C/N/P de 100/5/1. Los parámetros nuevos dan la pauta del cumplimiento de los nutrientes. De todas maneras, se contempla en los insumos necesarios para el funcionamiento de la planta, un margen para la compra de estos productos.

4.2.3 Tratamiento secundario - Lodos activos

Como fue mencionado en el capítulo anterior, el sistema de lodos activos está compuesto por dos etapas que ocurren en unidades diferentes, siendo la primera de ellas un reactor biológico, y la siguiente, un sedimentador secundario, con recirculación de lodos al tanque de aireación. Se opta por un reactor de mezcla completa, considerando una aireación y carga orgánica uniforme en todos los puntos del tanque. Esta etapa es fundamental para reducir los valores de DBO_5 , a los exigidos por la normativa.

El proceso de lodos activos se representa mediante un diagrama de flujo, donde se identifican las variables que serán relevantes para el diseño del sistema (Figura XXXIII).

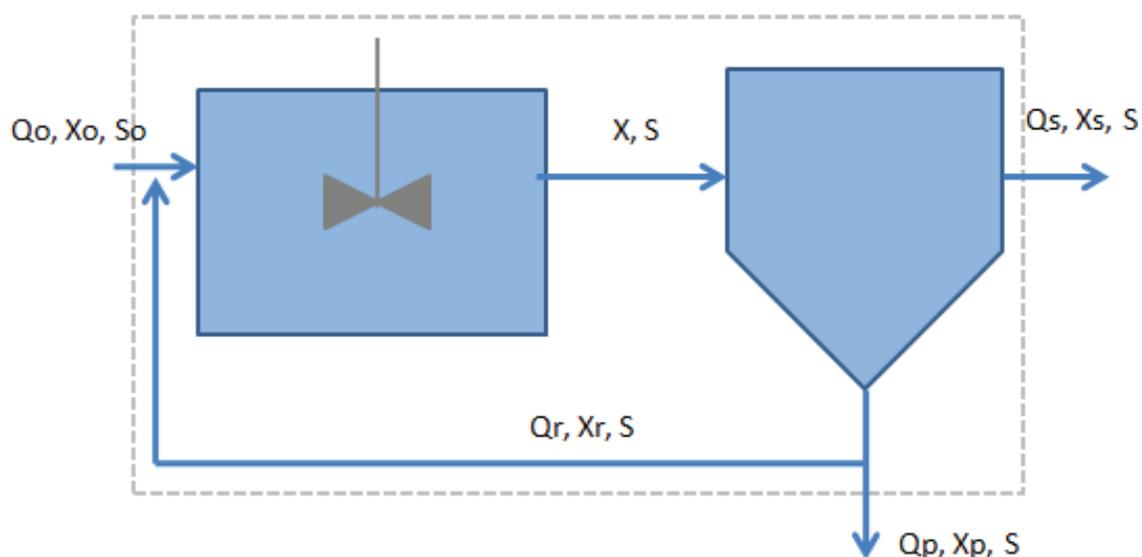


Fig. XXXIII: Esquema de un reactor de mezcla completa con recirculación y purga. Fuente: Elaboración propia

En relación con el esquema presentado, se pueden desarrollar los siguientes balances de masa y de caudales del sistema global (cámara de aireación y sedimentador):

$$\text{Balance de Caudales: } 0 = Q_0 - Q_s - Q_p$$

$$\text{Balance de Biomasa: } V \times \frac{dX}{dt} = Q_0 \times X_e - Q_s \times X_s - Q_p \times X_p + V \times r_g$$

$$\text{Balance de Sustrato: } V \times \frac{dS}{dt} = Q_0 \times S_0 - Q_s \times S - Q_p \times S - V \times r_s$$

Oportunamente, se realizan las siguientes premisas para el desarrollo de las ecuaciones:

- Estado estacionario, es decir, que no existe variación de los parámetros con el tiempo, por ende $\frac{dx}{dt}$ y $\frac{ds}{dt}=0$
- No hay entrada ni salida de microorganismos (corriente esteril), X_o y $X_s=0$
- Cinética sigue el modelo de monod con decaimiento ($r_g = \frac{\mu_{max}XS}{k_s+S} - k_dX$ y $r_s = \frac{\mu_{max}XS}{y(k_s+S)}$), entendiéndose que el valor de DBO_5 arrojará un valor de salida menor al inicial.

4.2.3.1 Reactor biológico

En la tabla XVIII, se presentan los parámetros adoptados, según la bibliografía consultada y criterio propio:

Tabla XVIII: Parámetros seleccionados para el diseño de un reactor biológico, con base en la bibliografía consultada.

Parámetro		Unidad	Bibliografía	Valor
DBO_5 en el efluente de salida	S	mg/L	<15	15
Concentración de microorganismos en la línea de recirculación	Xr	mg/L		7000
Concentración de microorg en el reactor	Xv	mg/L	3000-6000	3150
Tasa de crecimiento	μ	d ⁻¹		1,3
Tasa máxima de utilización del sustrato por unidad de masa de microorg	K	d ⁻¹	2-10	5

Constante de velocidad media	Ks	mg/L	25-100	50
Coefficiente de producción	Y	mg x/ mgs	0,4-0,6	0,6
Coefficiente de descomposición endógena	kd	d ⁻¹	0,04-0,075	0,06
Tiempo de retención hidráulico	θ	h	3-5	5
Tiempo de retención celular	θc	d	5-15	5

En el caso del tiempo de retención hidráulico y celular, si bien fueron adoptados, se analizará más adelante si se verifican.

Con la próxima ecuación, se calcula el volumen requerido para el reactor, contemplando los balances y parámetros fijados, donde V es el volumen del tanque, S₀ es la concentración de sustrato inicial, S la concentración de sustrato a la salida, Y el coeficiente de producción, ks la constante de velocidad media, X la concentración de microorganismos en el reactor y μ_{max} es la tasa de crecimiento de los microorganismos.

$$V = \frac{Q_0 \times (S_0 - S) \times Y \times (k_s + S)}{X \times S \times \mu_{max}} \quad (30)$$

Fijando una altura de 3,5 m, se determina el área del reactor, y considerando una relación largo/ancho de 2, se consigue el valor de estos parámetros, resultando en las dimensiones que se visualizan en la tabla XIX:

Tabla XIX: Geometría del reactor biológico aerobio

Parámetro	Unidad	Valor	
Volumen	Vr	m ³	24,00
Altura	H	m ³	2,50
Área	A	m ²	7,67
Ancho	W	m	2,00
Largo	L	m	4,00

Luego, se calcula la relación entre alimento y microorganismos (F/M) con la ecuación XX, que si bien no debe considerarse para el dimensionamiento de la cámara de aireación,

debe contemplarse para la operación y control de la misma, ya que un exceso de alimento, en comparación a la concentración de biomasa que pueda degradarlos, así como una concentración de microorganismos mayor a la materia orgánica presente, exigirá un ajuste en el caudal de purga, para alcanzar los valores recomendados (0,2-0,5). El valor obtenido es de 0,14, manteniéndose debajo del rango establecido.

$$F/M = \frac{Q_o \times S_o}{V \times X} \quad (31)$$

El siguiente paso, consiste en la obtención de los caudales especificados en la Figura XXXII. Para el caudal de purga (Q_p), se despeja el balance de masa, consiguiendo la ecuación que sigue:

$$Q_p = \frac{V}{X_r} \times \left(\frac{\mu_{max} \times X \times S}{K_s + S} - K_d \times X \right) \quad (32)$$

A partir del caudal de purga y aplicando el balance de masa, se despeja el caudal de salida (Q_s) según:

$$Q_s = Q_o - Q_p \quad (33)$$

En referencia al caudal de retorno al reactor (Q_r), se realiza un balance de masa del sedimentador y despejando, se obtiene:

$$Q_r = \frac{Q_p \times X_r - Q_o \times X}{X - X_r} \quad (34)$$

Habiendo calculado las variables precedentes, se procede a corroborar si los tiempos de retención hidráulico y celular fueron bien seleccionados, según:

$$\theta = \frac{V}{Q_o} \quad (35)$$

$$\text{y } \theta_c = \frac{V \times X}{Q_p \times X_r} \quad (36)$$

Aireación y mezcla

Tal como se mencionó anteriormente, los organismos aeróbicos dependen del oxígeno para mantener los procesos metabólicos que producen la energía necesaria para su

crecimiento, reproducción, y consumo del alimento. Es por ello, que se deben instalar equipos de aireación que proveen el oxígeno suficiente para la degradación de la materia y la mezcla del líquido en el reactor.

Para medir la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos, se emplean dos parámetros. Ellos son el requerimiento de oxígeno (RO) y rendimiento de la transferencia de oxígeno en condiciones estándar (SOR), definidos por medio de las fórmulas que se expresan a continuación:

$$RO = \frac{Qo \times (S_o - S)}{f \times 1000 \frac{g}{kg}} - 1,42 \times Px \times \frac{Qo \times (S_o - S)}{1000 \frac{g}{kg}} \quad (37)$$

donde f es el factor de corrección, suponiendo un valor de 0,65 y Px es la producción de lodos, que se estima a través de la próxima ecuación:

$$Px = \frac{Y}{1 + \theta_c + Kd} \quad (38)$$

El SOR se calcula de la siguiente manera:

$$SOR = \frac{RO}{\frac{(\beta \times C_{wat} - C_l)}{C_s} \times 1,024^{(T-20)} \times \alpha} \quad (39)$$

donde β es el factor de conversión por salinidad a tensión, generalmente igual a 1, C_{wat} es la concentración de oxígeno disuelto para agua residual a la temperatura y altura dada, C_L es la concentración de oxígeno disuelto en condiciones de funcionamiento, C_s es la concentración de oxígeno saturado en agua limpia a 20°C y 1 atm, y α es el factor de conversión de transferencia de oxígeno para el agua residual. El resto de los parámetros utilizados en la fórmula, fueron mencionados previamente.

Para proveer de aire a la unidad, se utilizarán difusores de burbuja fina REPICKY RG-300 (Anexo IV), ya que a menor tamaño de burbuja, mayor será la superficie de contacto y la eficiencia en la difusión de oxígeno en el agua residual. A priori, se adopta una distribución de difusores por metro cuadrado, que varían entre 1 y 6. Se selecciona 1,7 difusor/m², que luego se divide por el área del reactor para obtener la cantidad de difusores requeridos (N), siendo en este caso de 12. Mediante el caudal de diseño indicado por la empresa y la

profundidad del tanque, se determina la cantidad de oxígeno que transferirá cada difusor según la profundidad (Q_{dif}), por medio del ANEXO VI.

Por lo tanto, el caudal de aire total (Q_t) resulta ser:

$$Q_t = Q_{dif} \times N \quad (40)$$

El Q_t se compara con el SOR, ya que si es menor a este, los difusores no estarán otorgando la cantidad de oxígeno necesario, por lo que se necesitarán mayor densidad de difusores. También se debe tener cuidado en el sobredimensionamiento de la cantidad de difusores, que derivan en un aumento de los costos del tratamiento. En el caso estudio, el Q_t supera adecuadamente al SOR, por lo cual la elección en la densidad de difusores fue correcta.

El próximo paso es el cálculo de la eficiencia de transferencia por metro de profundidad de difusor, a través del gráfico del ANEXO VI, utilizando el caudal de aire determinado. Por último, se define el caudal de oxígeno que transferirán:

$$Q_{oxígeno} = \frac{SOR}{SOTE \times h \times 280 \frac{gO_2}{Nm^3}} \quad (41)$$

Con este valor y el caudal de diseño del fabricante, se define la cantidad de difusores y la densidad de los mismos en el área del reactor.

El suministro a los difusores, se efectuará por medio de dos sopladores marca REPICKY modelo R200, utilizando uno de ellos como respaldo.

La información referida a la aireación del reactor se establece en la Tabla XX:

Tabla XX: Dimensiones y condiciones de operación del sistema de aireación y mezcla del tanque biológico aeróbico

Parámetro	Unidad	Valor
Requerimiento de oxígeno	kgO ² /d	40,36
Requerimiento de oxígeno estándar	kgO ² /d	62,25
Difusores - Burbuja FINA		
Caudal de diseño de difusores	N.m ³ /h	5,00
Cantidad de difusores	dif	12,00
Densidad de difusores real	dif/m ²	1,49

Sopladores		
Cantidad		2
Caudal de O ₂	m ³ /h	54,04
Modelo		R300
RPM		1450
Potencia	HP	1,5

4.2.3.2 Sedimentador secundario

Luego de la cámara de aireación, se ubica un sedimentador secundario de sección rectangular, que remueve la biomasa generada en el reactor biológico para obtener un agua clarificada. Para el diseño de esta unidad se utilizará como caudal, a la suma del caudal de entrada al reactor biológico y el caudal de reciclo.

El tratamiento primario comienza con un sedimentador de sección rectangular y flujo horizontal. El mismo se divide en 4 secciones distintas, descritas en el capítulo anterior: zona de entrada, zona de sedimentación, zona de salida y zona de recepción de lodos.

Inicialmente, se diseña la **zona de sedimentación**. Ya que no se cuentan con estudios de laboratorio, se adopta una carga superficial (C_s), que, según la norma brasilera NB-592, para plantas con caudales de hasta 1000 m³/día, el valor indicado es de 18 m³/m².día. A partir de este valor y el caudal, se calcula el área superficial mediante:

$$A_s = \frac{Q}{C_s} \quad (42)$$

Existe una correlación entre la velocidad de carga superficial y el periodo de detención (t_p). Se opta por un tiempo de permanencia de 2 horas.

La profundidad (h) de la zona de sedimentación se determina a partir de la siguiente expresión:

$$H = \frac{Q \times t_p}{A_s} \quad (43)$$

El volumen del sector resulta del cociente entre el área y la profundidad. Por otra parte, para calcular el largo y ancho se tuvieron en cuenta las siguientes relaciones indicadas por ENHOSA: $L/B= 3/6$ y $L/h=2/25$. De esta manera se obtiene la geometría de la zona, según se detalla en la Tabla XXI.

Tabla XXI: Parámetros de diseño del área de sedimentación del decantador secundario

Parámetro		Unidad	Valor
Área superficial	As	m ²	10,679
Volumen	V	m ³	16,007
Ancho	B	m	2,00
Largo	L	m	5,33
Área transversal	At	m ²	,00

En cuanto a la tolva o **zona de recepción de lodos**, espacio donde se acumulan los sólidos que sedimentan producto de este proceso, se diseña a partir del volumen de lodos que se generan semanalmente. Inicialmente se calcula la masa de lodos mediante el cociente del caudal, la concentración de sólidos suspendidos y el porcentaje de remoción que presenta la unidad, en este caso, 60%. Considerando una densidad del lodo de 1100 kg/m³ y un porcentaje de humedad de 0,93, se determina el volumen de lodos diario (0,7 m³/día), que multiplicando por 7 días, resulta en el volumen semanal.

Según ENHOSA, la sedimentación se produce en el primer tercio del tanque, determinando el área superior de la tolva. El área inferior se asume tomando el 80% del área superior. Mediante el volumen semanal, se estima la altura, consiguiendo las características para la construcción de la tolva (Tabla XXII).

Por último, se calculó la sección de descarga mínima perteneciente a la cañería de evacuación de lodos en la tolva con la siguiente expresión:

$$S_{dp} = \frac{A_{dp}}{4850 \times t_{de}} \times H_u^{1/2} \quad (44)$$

Siendo:

Spd = Sección de compuerta de desagüe (m²)

Adp = Área de Sedimentación (m²)

Tde = Tiempo de descarga (h)

Hu = Altura útil de Sedimentación (m).

Tabla XXII: Geometría de la tolva

Parámetro		Unidad	Valor
Área superior	As	m ²	3,56
Área inferior	Ai	m ²	2,84
Altura tolva	Ht	m	1,40
Sección de descarga	Sdp	m ²	0,005

Como se explicó anteriormente, parte del caudal de lodos será recirculado a fangos activados, para mantener una población de microorganismos relativamente constante. Aprovechando la existencia de un soplador, el proceso se hará mediante la técnica de AIRLIFT, que emplea dispositivos simples que funcionan en base a aire comprimido y por flotabilidad levantan el líquido que se requiere bombear. Entonces se colocará un caño para succión de líquido, intervenido por otro caño que inyecta aire proveniente del soplador, y de esta manera posibilita la recirculación de parte del caudal hacia el tanque aerobio. El remanente se dirige a las bolsas filtrantes para su secado y disposición final.

La **zona de ingreso** del efluente presenta una pantalla de hormigón con orificios, que posibilitan la distribución equitativa del efluente en toda la estructura, evitando una disminución en la eficiencia del equipo. Dicha pantalla se posiciona verticalmente a una distancia de 0,70 m respecto de la pared de entrada, valor mínimo indicado por ENHOSA para favorecer la limpieza. Las dimensiones de la placa son coincidentes con el área transversal de la zona de sedimentación, es decir una altura de 1,5 m y un ancho de 2,0 m.

Para prevenir perturbaciones en el área central, la velocidad de paso por los orificios debe mantenerse entre 0,1 y 0,3 m/s, seleccionando en esta oportunidad 0,1 m/s. De esta

manera se establece el área dentro de la placa que debería presentar una abertura para permitir el flujo del agua (A_o), dividiendo el caudal por la velocidad de paso. A su vez, la superficie de cada orificio (a_o), queda definida al fijar un diámetro de 0,01 m y considerar una geometría circular. Con estos dos parámetros se define la cantidad de orificios necesarios:

$$n = \frac{A_o}{a_o} \quad (45)$$

Los orificios se perforarán, dejando un quinto de distancia en cada extremo en el eje vertical de la placa, para no ocasionar cortocircuitos ni arrastre de lodos, obteniendo una altura útil (h) de:

$$h = H - \frac{1}{5} \times H - \frac{1}{5} \times H \quad (46)$$

Entonces, se calcula el área ocupada por los orificios al multiplicar la altura útil por el ancho. La configuración de la rejilla de orificios queda definida por medio de las siguientes ecuaciones, previamente seleccionado 10 filas (N_f) y dividiendo la cantidad de orificios por N_f , para obtener la cantidad de columnas (N_c), en este caso, 28. Luego se verifica, que el espacio entre agujeros sea menor 0,5, según lo indica ENHOSA. El resultado se visualiza en la Fig. XXXIV.

- Espacio entre filas:

$$ef = \frac{h}{N_f} \quad (47)$$

- Espacio entre columnas:

$$ec = \frac{B - ef \times (N_c - 1)}{2} \quad (48)$$

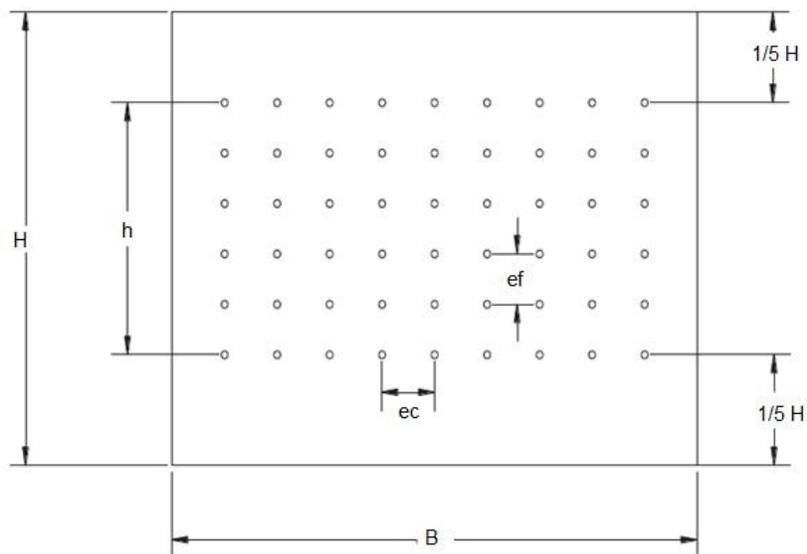


Fig. XXXIV: Vista frontal de la pantalla difusora de la zona de entrada al sedimentador secundario. Las letras representan los parámetros requeridos para su diseño. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Imágenes

El resultado de los cálculos realizados para esta zona, se presentan en la tabla XXIII.

Tabla XXIII: Configuración de placa difusora en zona de ingreso de un sedimentador secundario

Parámetro	Unidad	Valor
Ubicación pantalla	Up	m
Altura pantalla	Hp	m
Ancho pantalla	Bp	m
Diámetro de c/ orificio	do	m
Área de c/ orificio	ao	m ²
Número de orificios	No	
Porción de altura con orificios	h	m
Área ocupada por orificios	Ao	m ²
Número de filas	nf	
Número de columnas	nc	
Espaciamiento entre filas	ef	m
Espaciamiento entre columnas	ec	m

Por último, se procede a dimensionar la **zona de salida** del sedimentador. La misma está compuesta por una estructura denominada Thompson, que consiste en una canaleta con aberturas triangulares de 90°, favoreciendo una recolección uniforme del agua purificada y manteniendo una buena horizontalidad.

El área de la canaleta surge del cociente entre el caudal de entrada al sedimentador y la velocidad de paso fijada en 0,05 m/s (< 0,3m/s para evitar el arrastre de lodos - ENHOSA). A partir de este valor y habiendo establecido un ancho de 0,13 m, se determina el alto de la canaleta.

A continuación, se calcula la longitud útil del vertedero (L_v), es decir, la abertura que sería necesaria para evacuar la totalidad del caudal entrante. Este valor se consigue tomando un caudal de recolección por metro lineal (q_{pml}) de 3l/s.m lineal y realizando el cociente entre el flujo de entrada (Q) y este valor.

La altura de los vertederos (h) debe ajustarse entre 0,07 y 0,15 m, eligiendo un valor de 0,1m,. A partir de relaciones trigonométricas se determina el ancho de los vertederos, fijando un ángulo de 60° para el triángulo Thopson.

La cantidad de vertederos necesaria resulta de la división de L_v por el ancho de los vertederos, obteniendo un valor de 5. Por otro lado, la separación entre dichos vertederos (e), considerando una longitud equidistante entre ellos, deriva de la siguiente fórmula:

$$e = \frac{B - Wv \times n}{n+1} \quad (49)$$

Definiendo un valor de 0,12 m se determina el caudal de paso por cada uno de las aberturas (q), a través de la siguiente expresión:

$$q = 1,34 \times h^{2,34} \quad (50)$$

Los parámetros constructivos de la zona de salida del sedimentador se distinguen en la tabla XXIV:

Tabla XXIV: Parámetros de diseño de zona de salida del sedimentador secundario

Parámetro		Unidad	Valor
Canaleta			
Área	Ac	m ²	0,04
Ancho	Wc	m	0,13
Alto	Hc	m	0,342
Vertederos			
Altura	Hv	m	0,12
Ancho	Wv	m	0,2
Área	Av	m ²	0,01
Número de vertederos	n		5
Separación entre vertederos	e	m	0,17

Generación de lodos

Se estima la producción de lodos, de igual manera que se llevó a cabo en el apartado 4.1.2.1 - *Tamiz*, por medio de las ecuación 13 y 14. El porcentaje de remoción de esta unidad, en términos de SST, está en el rango de 95%. Para el rezago proveniente de este equipo se selecciona un $\rho_{\text{Lodo}} = 1005 \text{ kg/m}^3$ y un porcentaje de humedad de 92%, dando como resultado una generación diaria de $0,64 \text{ m}^3$.

4.2.4 Tratamiento terciario

4.2.4.2 Cámara de desinfección

El último paso en el tratamiento recae en la purga de los microorganismos patógenos que presenta el efluente, particularmente coliformes fecales que pueden perjudicar a la salud de las personas, acentuándose este riesgo en este caso, ya que los líquidos serán reutilizados para el lavado de formaciones y entrarán en contacto con los empleados.

Se optó por una desinfección mediante el uso de cloro, dado su bajo costo y gran poder residual. El sistema está provisto de una cámara laberíntica para favorecer el mayor contacto con el agente desinfectante, dosificando este último por medio de una bomba.

Mediante la siguiente ecuación empírica se determina la concentración de cloro requerida (C) para las características del efluente. Por falta de información respecto a la concentración inicial de microorganismos (N_0), se presume según la bibliografía consultada un valor de 10^7 UFC/100mL. Respecto de la concentración final (N), se utiliza el valor límite normado, siendo de 150 UFC/100mL. El tiempo de permanencia (t) en la cámara deberá ser entre 20 y 30 minutos, optando por 25.

$$\frac{N}{N_0} = \left(1 + 0,23 \frac{L}{\text{min.mg}} \times C \times t\right)^{-3} \quad (51)$$

Al multiplicar el valor obtenido de la fórmula anterior por el caudal, se obtiene la dosis diaria de cloro que se debe aplicar, resultando en 796 gramos aproximadamente.

Para las dimensiones de la cámara se dividió el caudal por el tiempo de residencia. Se definió una altura entre 1,5 y 3 metros para dividir al volumen y conseguir el área superficial de la cámara. Luego, se fijó el ancho en 1 metro y se consiguió el largo de la cámara.

Se considera el mismo largo (L_c) de canal que el de la cámara. En cuanto al ancho (W_c) se establece, fijando el espesor (e) y la cantidad de tabiques (n) que dividen los canales, y realizando el siguiente cálculo:

$$W_c = \frac{L_c - e \times n}{n+1} \quad (52)$$

Las dimensiones de la cámara y los canales se visualizan en la Tabla XXV.

Tabla XXV: Parámetros de diseño de cámara de desinfección laberíntica

Parámetro	Unidad	Valor
Geometría cámara		
Altura	H	m
Volumen	V	m ³

Área	A	m ²	2,0
Ancho	W	m	1
Largo	L/A	m	2,0
Geometría canales			
Largo	Lc	m	2,0
Espesor de tabique	e	m	0,005
Número de tabique	n		5
Ancho canal	Wc	m	0,32

Finalmente, luego de corroborar los datos que arrojan los cálculos, se decide ensamblar el tratamiento secundario con el tratamiento terciario en un único módulo robusto de acero galvanizado. Si bien, este modelo puede conferir una mayor inversión inicial, el beneficio se ve reflejado en la reducción de espacio requerido, la disminución de metros de cañería, y la eliminación de bombas debido a la cercanía entre las unidades. A su vez, se acotará la casilla de sopladores ya que estos estarían integrados al sistema, cubiertos. El diseño se visualiza en la Fig. XXVII. La estructura total cuenta con un largo de aproximadamente 10 m, un ancho de 2m y una altura de 3m.

4.2.5 Cámara de extracción de muestras y medición de caudales

El agua depurada será conducida a una cámara de aforo que permita tomar muestras del efluente, no solo para control de la autoridad de aplicación, sino para evaluar la depuración por parte de la empresa y detectar eventuales fallas en los sistemas.

El diseño y la construcción de dicha cámara es exigido y regulado por la Resolución N° 607/12 del MAyDS y por la Disposición N° 9/2014 de la Autoridad del Agua, y quedan definidas por medio de estas normativas, las dimensiones de dicha cámara en función del caudal de salida de la planta, siendo de 3,91m³/h. La altura que establece la norma para un caudal de 3,41 m³/h es de 0,09m. Las características estructurales de la cámara se presentan en la Fig. XXXV.

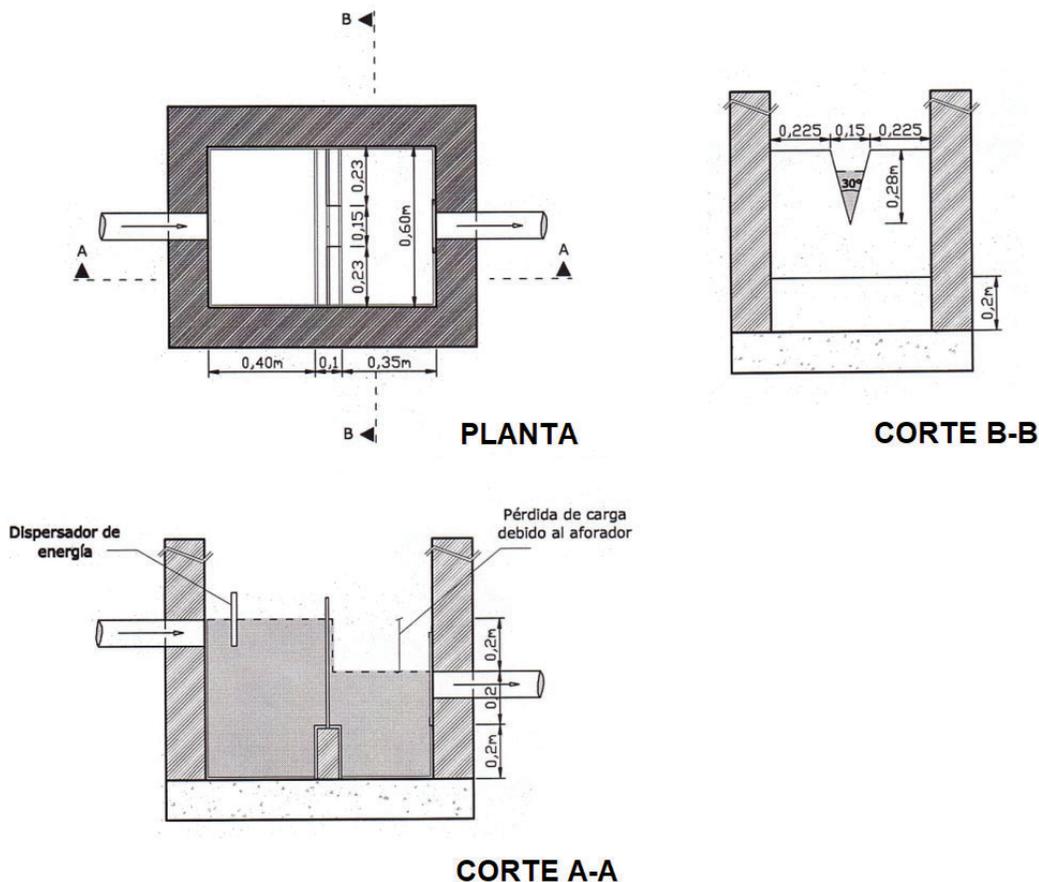


Fig. XXXV: Dimensiones de la Cámara de extracción de muestra y medición de caudales. Elaboración propia a partir de la Disposición N° 9/2014 de ADA

4.2.6 Tanque de almacenamiento de agua

Siendo el objetivo del presente trabajo la reutilización del agua residual tratada en las actividades de limpieza, resulta necesario almacenar los líquidos en un tanque hasta ser aprovechados para dicho fin.

Para el dimensionamiento de la estructura, se tendrá en cuenta el caudal de salida y la necesidad diaria de agua para las tareas de referencia. No se tendrá en cuenta la potencial acumulación de agua por detención de actividades de lavado o parada de planta, puesto que

esto incrementa el volumen de tanque, lo que resultaría en un aumento de costos y espacio requerido. Por lo que, de suceder este evento, el tanque contará con una válvula que permita desviar el agua hacia el pluvial.

Por lo tanto, se propone un tanque de 100 m³ de capacidad, con una altura de 8 m y 3,2 m de diámetro de la marca Mayper confeccionado con resina de poliéster, resistentes a condiciones adversas, cuya ficha técnica se adjunta en el Anexo VII. A los fines de mantener un equilibrio entre el volumen y costo asociado, el tanque se diseña para cubrir las necesidades actuales, por lo que el excedente de agua se prescindirá del proceso de reutilización, volcándose al pluvial. Sin embargo, se realizará un seguimiento de dicho descarte, para considerar a futuro la posibilidad de incorporarlo en tareas de lavado de pisos, así como también, el tendido de cañerías para la reutilización del agua en sanitarios.

4.2.7 Tratamiento de lodos

El transporte, tratamiento y disposición final de los lodos generados en el proceso estarán a cargo de una empresa contratista habilitada en el organismo local para tal fin, en este caso MPBA, o en su defecto, a nivel nacional, ya que Trenes Argentinos cataloga como empresa nacional. Sin embargo, previo a su retiro, se buscan mecanismos de reducción del volumen de los mismos con el objetivo de minimizar los costos que implica la gestión posterior.

Según lo comentado en el capítulo anterior, se divide la línea de fangos en dos, diferenciando aquellos con componentes oleaginosos, cuya mezcla con el resto de los lodos conlleva un aumento significativo en el precio de la disposición. A su vez, la distinción de estas corrientes reside en la frecuencia de extracción de lodos, que varía ampliamente de una fase a otra. Es así, que se distingue la línea de fangos primarios, provenientes de las etapas de pretratamiento y tratamiento primario, y los fangos secundarios, producto de los tratamientos biológicos. Se desprecia la generación de lodos en la etapa de desinfección, ya que se presume una remoción total en las etapas precedentes.

La masa de lodo seco generado, fue discriminado en cada una de las etapas, calculada por medio de la eficiencia de remoción de sólidos que presenta cada tratamiento. Teniendo en

cuenta la densidad estimada de los mismos propia de su naturaleza y la humedad relativa, se determinó el volumen seco de los mismos.

A continuación se desarrollarán las posibles soluciones a las diferentes líneas de lodos.

4.2.7.1 Línea lodos primarios

4.2.7.1.1 Centrifugadora 3 fases

Este equipo tiene la particularidad de separar una fase sólida y dos corrientes líquidas de diferentes densidades en una misma etapa. Según lo mencionado, el residual proveniente del tratamiento primario y pretratamiento, son conducidos a este equipo para su procesamiento.

Se calcula la concentración de lodos en términos de kg/ día, a partir de un balance de masa entre lo que entre y lo que sale de cada equipo considerando este valor como máximo, ya que generalmente se obtiene una cantidad menor. Adoptando una concentración de sólidos de 3%, se obtiene el caudal de lodos en m³/día de cada equipo, y se suman, resultando en un valor total que determinará el tipo de equipo a elegir.

El modelo elegido en función del caudal resultante es el modelo LW220x660 de la marca Xixiang Cobro Tech Co.

La corriente líquida de densidad menor al agua, serán sometidos a análisis en laboratorio para su evaluación de uso como materia prima de segunda calidad. La corriente líquida restante será enviada a la cabeza del tratamiento secundario para afinar su tratamiento. Como ya se mencionó se descarga del tambor a través de un rodete a presión en un sistema cerrado. De esta manera, se evita la necesidad de tener una bomba adicional. Por último, los sólidos serán retirados para su tratamiento y disposición final, por empresa inscripta como transportista y operadora de residuos peligrosos. Esta tarea se efectuará directamente de la zona de descarga del equipo.

4.2.7.2 Línea biosólidos

En esta línea se desestima la estabilización y acondicionamiento, ya que han sufrido una oxidación total durante el proceso, por lo que no se justifica la inversión en estas dos etapas.

4.2.7.1 Bolsas filtrantes

Se opta por un sistema de deshidratación sencillo que se compone de un bastidor con sistemas de sujeción para la colocación de bolsas filtrantes de un material poroso que permite el paso del agua y aire de secado, y simultáneamente evita la colmatación del sólido retenido. Este sistema no sólo permite deshidratar, sino que también permite embalar y almacenar los lodos generados (Rivera, 2016). El líquido resultante se recoge en el depósito de la parte inferior del módulo y se conduce a la cabeza del sistema de lodos activos. La adición de este líquido residual en el proceso biológico no es significativa, y el tanque fue diseñado con un margen de seguridad, por lo que no se vería afectado.

Al cabo de 15 días de almacenamiento, se llevará a cabo un recambio de las bolsas por unas nuevas, trasladando aquellas completas a una platea con sistema de colección para concluir con el secado. El material de las bolsas evita el ingreso de agua, pero posibilita continuar con la exudación del líquido interno, con lo cual podrán ubicarse a la intemperie. Una vez completado el circuito, las bolsas serán retiradas para su envío a vertederos de residuos sólidos urbanos.

La generación de lodos diaria es de 0,6 m³/día. Se selecciona un equipo SALHER FILSA, fabricado en Polipropileno con estructura interna en AISI 304. Posee un alto rendimiento, alcanzando un 10-30 % de material seco en horas y el 40 - 80% de materia seca después del almacenaje al aire libre. A partir de esta premisa, se calcula el porcentaje de evaporación inicial de líquido (20%), para determinar el requerimiento de bolsas. Para disminuir la periodicidad de recambio, se elige un equipo con 8 cabezales y 10 bolsas por orificio, que alcanzarán su capacidad al término de dos semanas. Las dimensiones del mismo son de 1,145 metros de ancho por 1,750 metros de alto por 2,25 metros de largo. Una vez llenas, las bolsas

se trasladarán al depósito de residuos peligrosos, y se dispondrán sobre bateas de contención para culminar con el secado. El servicio de retiro se realizará una vez por mes.

4.3 ALTERNATIVA II

4.3.1 Tratamiento primario (Separador API) - Efluente industrial

Este dispositivo aprovecha la diferencia de peso específico entre el agua y el aceite, para realizar la separación, mediante el fenómeno de la gravedad. La pileta API consiste en un canal rectangular, que consta de retenedores de sustancias oleaginosas en la superficie, y una tolva en la parte inferior para acumular aquellos elementos que decantan. Los cálculos teóricos de diseño que se desarrollarán en este proyecto deberán sustentarse con ensayos químicos de las características del aceite que confirmen la viabilidad de las opciones propuestas.

La velocidad ascensional de una gota de aceite se determina mediante la Ley de Stokes para Reynolds bajos, que se expresa según:

$$V_A = \frac{g \times D^2}{18 \times \mu} \times (\rho_W - \rho_O) \quad (53)$$

Donde:

V_A : Velocidad ascensional del aceite (cm/s)

g : Constante gravitatoria (cm/s²)

ρ_W : Densidad del agua a cierta temperatura (g/cm³)

ρ_O : Densidad del aceite a determinada temperatura (g/cm³)

D : Diámetro de la partícula (cm)

μ : Viscosidad de agua residual (g/cm³)

Según el procedimiento de dimensionamiento de separadores API 421 (1990), el diámetro mínimo de separación en una pileta API es de 0,015 cm, fijando este como tamaño de la partícula a remover. Tanto el peso específico como la viscosidad del agua y aceite, son dependientes de la temperatura. Tomando como valores de referencia de 10°C en invierno y

25°C en verano, se eligen los valores de μ y ρ (Anexo VIII). Para la viscosidad del líquido, se opta por el valor de agua.

Se escoge la velocidad en las condiciones invernales para continuar con los cálculos, dado que la separación en esta época es más dificultosa lo que transforma en la condición más desfavorable.

Una vez obtenida la velocidad de elevación de la gota, se procede a determinar la velocidad horizontal (V_H), con la siguiente ecuación. Según API 421 (1990), dicha velocidad deberá permanecer por debajo de los 3 ft/min.

$$V_H = 15 \times V_A \quad (54)$$

Se procede a calcular el área de sección transversal (A_t) mediante el cociente entre el caudal proveniente del tanque homogeneizador y la velocidad horizontal. De igual manera, se puede obtener multiplicando el ancho (W) por la profundidad (H) del equipo:

$$A_t = \frac{Q}{V_H} = W \times H \quad (55)$$

Asumiendo que la sección de un canal ficticio con las mayores dimensiones posibles es de 48m², se puede determinar la cantidad de canales requeridos dividiendo el área transversal y el área de este canal ideal. Si bien API recomienda usar 2 canales que permitan realizar operaciones de mantenimiento, sin necesidad de derivar todo el separador, el resultado de la división se encuentra próximo al 0, por lo que se decide colocar solo 1 canal. Si se desea forzar la colocación de 2 canales para reducir el espacio ocupado, se observa un incumplimiento de las relaciones trigonométricas que indica la bibliografía, lo cual puede poner en juego la separación adecuada que ofrece esta tecnología, por lo que se mantiene la decisión de elegir 1 canal.

El próximo paso es el cálculo de los parámetros estructurales. La relación profundidad/ancho debe permanecer dentro del rango 0,3-0,5, y ancho/largo ser mayor a 5. Utilizando las relaciones y la ecuación 26, se determinan el ancho y la profundidad. Los valores obtenidos no cumplen los rangos sugeridos para profundidad (1-2,5 m) y ancho (2-6 m),

decidiendo fijar un valor de profundidad de 1 m y con este, obtener el ancho. Con este valor es posible incluir un mecanismo barrelados y barrenatas (Sastre, 2005).

La superficie horizontal se calcula según:

$$A_H = \frac{Q}{V_A} = W \times L \quad (56)$$

Despejando la fórmula, se obtiene el valor del largo (L). A dicha longitud se le aplica un factor de corrección (F) para compensar las turbulencias y cortocircuitos hidráulicos que se van a generar en el equipo, quedando la ecuación de la siguiente forma:

$$L = F \times \frac{Q}{B \times V_A} \quad (57)$$

El factor global de diseño F, se determina en el gráfico del ANEXO VIII, a partir de la relación entre la velocidad longitudinal y ascensional (V_H/V_A), obteniendo un valor de 1,4. Una vez calculado el largo, se corrobora la relación con el ancho mayor a 5.

El último paso consiste en determinar el tiempo de residencia del líquido en el equipo (TRH), a partir de la próxima expresión:

$$TRH = \frac{B \times H \times L}{Q} \quad (58)$$

La superficie real del separador (S_{hr}) queda determinada por la Ecuación 59.

$$S_{hr} = L \times W \quad (59)$$

Este parámetro se compara con la superficie horizontal mínima (S_{hm}) que debe tener el separador, determinada por el cociente entre el factor global (F) multiplicado por el caudal de diseño y la velocidad ascensional del aceite. Si S_{hr} es mayor o igual a S_{hm} quiere decir que las dimensiones son correctas, de lo contrario se deberá rehacer los cálculos para que se cumpla esta condición.

En la compuerta de difusión se considera el porcentaje del área libre, seleccionando un valor de 4 de entre 3 y 7%. El área libre está dada por:

$$A_l = P \times h \times W \quad (60)$$

donde:

A_l : Área libre

P: Porcentaje de área libre

h: profundidad

W: Ancho

El ancho de los espacios libres (W_l) por los que el efluente ingresa al canal se escogen arbitrariamente, asegurando que los sólidos no se atasquen, por lo que se presume un valor de 0,012 m (Sastre, 2005). El número de espacios libres (E_l) se calcula de la siguiente manera:

$$E_l = \frac{A_l}{W_l \times h} \quad (61)$$

Los siguientes cálculos definen la zona de descarga. La compuerta de retención, la altura sobre el fondo del separador a la cual esta comienza, es un 55% de la profundidad de la cámara.

La altura del vertedero, cuya función es evitar que el líquido salga, en su totalidad, al mismo tiempo viene dada por la diferencia entre la profundidad y la altura del agua sobre el vertedero (H_V). Esta última se define con la Ecuación 62.

$$H_V = \left(\frac{Q_s}{1,839 \times W} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (62)$$

Previo al dimensionamiento de la última sección de la cámara, resulta fundamental el cálculo de la cantidad de lodos que se generan diariamente, especialmente aquellos que decantan para determinar las dimensiones de este receptor. Al igual que en las unidades anteriores, el volumen resulta de la ecuación 11, tomando una humedad y densidad de 92% y 1005 kg/m³ para sólidos suspendidos totales (SST), y 90% y 1005 kg/m³ en el caso de las sustancias solubles en éter etílico (SSEE).

Finalmente, se determina la zona de recolección de los sólidos sedimentables. Para ello, se estima que los barredores de fondo lo transportarán hasta la primera sección, cuya dimensión se define como la novena parte del largo del canal. Tomando el mismo ancho del

canal, se consigue el área superior. Se adopta un valor del 60% del área superior para el área inferior. Mediante la función de volumen de una geometría troncopiramidal, se calcula la altura de la tolva, utilizando como volumen aquel resultante del párrafo anterior para SST. Los cálculos efectuados resultan en el dimensionamiento expuesto en la Tabla XXVI.

Tabla XXVI: Dimensiones de un canal de separación de aguas oleaginosas del tipo API, discriminando cada uno de sus componentes

Parámetro		Unidad	Valor
CANAL PRINCIPAL			
Número de canales	n		1
Ancho	B	m	2
Profundidad	H	m	1
Largo	L	m	12,6
Tiempo de residencia del líquido	TRH	h	3,20
Superficie horizontal real del separador	Shr	m ²	25,2
CANAL DE PRE SEPARACIÓN			
Área transversal	At	m ²	0,02
Ancho de canal	W	m	0,04
Longitud de canal	Lc	m	4,08
COMPUERTA DE DIFUSIÓN			
Área libre	Al	m ²	0,05
Espacio libre	WI	m	0,01
Número de espacios libres	EI		6,66
COMPUERTA DE RETENCIÓN Y VERTEDERO DE DESCARGA			
Altura sobre el fondo de retención a la que la puerta comienza	dr	m	0,33
Altura del agua sobre el vertedero	Hv	m	0,005
Altura del vertedero de salida	dv	m	0,59
TOLVA			
Largo superior	Ls	m	1,4
Ancho sup	Ws	m	2
Área superior	Asup	m ²	2,8
Área inferior	Ainf	m ²	1,68
Altura tolva	H	m	2,44

4.3.2 Tratamiento secundario- Lagunas aireadas mecánicamente

El tratamiento secundario propuesto para esta alternativa consiste en un tren de lagunaje con el fin de estabilizar la materia orgánica y remover los parámetros para alcanzar los límites normados. En este punto se produce la unión del efluente industrial y el cloacal. No se considera necesaria la homogeneización previa de las corrientes porque el aporte del caudal cloacal es insignificante respecto al industrial y al estar en presencia de una laguna, no presentaría inconvenientes en el tratamiento. Entonces, el caudal de diseño será de 113,14 m³/día.

Considerando que el caudal cloacal es considerablemente inferior al caudal industrial, se propone adicionar el primero de ellos directamente en la laguna aireada, ya que no generará perturbaciones en el efluente a nivel global. Sin embargo, se debe determinar la concentración de los parámetros de la mezcla, la cual deriva del balance de masa que se visualiza en la siguiente ecuación, tomando como ejemplo la DBO₅:

$$DBO5_{mezcla} = \frac{DBO5_{cloacal} \times Q_{cloacal} + DBO5_{industrial} \times Q_{industrial}}{Q_{mezcla}} \quad (63)$$

En esta instancia, se evalúan los parámetros, tras su remoción en las diferentes unidades previas e incorporación del efluente cloacal, y se controla con los valores normados. El resultado se presenta en la Tabla XXVII.

Tabla XXVII: Valores de parámetros del efluente total: efluente industrial + efluente cloacal

Parámetro	Unidad	Valor	Valores límite normativa
Caudal	m ³ /día	113,14	-
DBO ₅	mg/L	273,24	<15
DQO	mg/L	676,73	<125
SST	mg/L	128,61	<30
P	mg/L	2,51	<1
N total	mg/L	14,06	<35
Patógenos	NFU/100mL	1,69 x10 ⁷	<500
SSEE	mg/L	14,99	<50
SAAM	mg/L	17,25	<2
Hidrocarburos totales	mg/L	3,95	<10

Los valores de los parámetros continúan incumpliendo con los límites establecidos para el reuso, por lo que resulta necesario avanzar con el tratamiento biológico. Para evaluar la viabilidad de este tipo de tratamiento en la remoción de los contaminantes, se determina el índice de biodegradabilidad, dando un resultado de 0,65, el cual determina su aptitud. En adelante se describe el diseño del tratamiento biológico.

El tren comienza con una laguna aireada, seguido de una laguna de mezcla parcial, y por último una laguna de maduración, intercalando entre las dos anteriores una cámara de desinfección laberíntica, que será desarrollada en el apartado 4.3.4.1.

Los efectos de los cambios de temperatura se deben considerar en el proyecto de lagunas aireadas ya que estas se suelen construir y explotar en lugares con condiciones climáticas muy variables (METCALF, 1998). Este fenómeno produce un efecto sobre la actividad biológica y la eficiencia del tratamiento. Es por ello, que se tomaron como valores promedio referenciales de 10°C y 30°C, en invierno y verano respectivamente. Asimismo, se establece como temperatura del afluente de 15°C y 19°C, en dichas estaciones.

4.3.2.1 Laguna aireada mecánicamente

Se fijan ciertos parámetros recomendados por bibliografía para el dimensionamiento de este tipo de laguna, los cuales se reflejan en la tabla XXVIII. El tiempo de retención hidráulico (θ), es idéntico al tiempo de retención celular (θ_c), ya que la laguna no presenta recirculación.

Tabla XXVIII: Parámetros seleccionados a partir de rangos de bibliografía - Metcalf & EDDY

Parámetro		Unidad	Valor
DBO ₅ efluente	DBO ₅ f	mg/L	15
Constante de la tasa de eliminación de DBO ₅ a 20°C	K ₂₀	1/d	2,5
Constante cinética de saturación media	K _s	1/d	150
Coefficiente de temperatura	Tita		1,06
Coefficiente de producción máxima	Y	gx/gx	0,65
Coefficiente de descomposición endógena	kd		0,06
Factor de proporcionalidad	f		0,5
Tiempo de retención hidráulico	TRH	d	7
Profundidad	H	m	3

La constante de velocidad de eliminación se corrige por los efectos de la temperatura, para invierno y verano, por medio de la ecuación 64.

$$K_T = K_{20} x \theta^{(T-20)} \quad (64)$$

Donde:

K_{20} : Constante de la tasa de eliminación de la DBO_5 soluble a 20°C (d^{-1})

K_T : Constante de la tasa de eliminación de la DBO_5 soluble a T (d^{-1})

θ : Coeficiente de temperatura

T : Temperatura del líquido en la laguna ($^\circ\text{C}$)

Inicialmente se calcula el volumen necesario de la laguna, suponiendo un tiempo de retención hidráulico de 7 días, para luego definir el área, tomando una profundidad relativamente pequeña de 3 metros, de manera de evitar la cercanía con el nivel freático. La laguna presenta una geometría troncopiramidal, por lo que se realizan los cálculos necesarios para obtener las aristas del reservorio, considerando una relación largo/ ancho de 3 que favorezca el flujo pistón y un ángulo de inclinación de 70° de las paredes laterales con respecto al eje vertical. La configuración de la laguna se presenta en la tabla XXIX.

Tabla XXIX: Geometría de la laguna aireada mecánicamente

Parámetro		Unidad	Valor
Largo superior	Ls	m	29,23
Largo inferior	Li	m	27,05
Ancho superior	Ws	m	10,47
Ancho inferior	Wi	m	8,29
Área superior	As	m^2	306,16
Área inferior	Ai	m^2	224,22
Volumen troncopiramidal	V	m^3	792,39

El siguiente paso, es el cálculo de la temperatura del líquido dentro de la laguna, tanto en verano como en invierno, a partir de la ecuación 65.

$$T_W = \frac{AxfxT_a + QxT_i}{Axf + Q} \quad (65)$$

donde:

T_W : Temperatura del líquido en la laguna ($^{\circ}\text{C}$)

A: Superficie de la laguna (m^2)

f: Factor de proporcionalidad

T_a : Temperatura ambiente del aire ($^{\circ}\text{C}$)

T_i : Temperatura de afluente ($^{\circ}\text{C}$)

Q: Caudal ($\text{m}^3/\text{día}$)

A continuación, se calcula la DBO_5 soluble para ambas estaciones, a través de la ecuación 66.

$$S = \frac{K_s x (1 + \theta x k_d)}{\theta x (Y x k - k_d) - 1} \quad (66)$$

Donde:

S: DBO_5 soluble del efluente (mg/L)

K_s : Constante cinética de saturación media (d^{-1})

k_d : Coeficiente de descomposición endógena

θ : Tiempo de retención hidráulico (d^{-1})

k: Constante de velocidad de eliminación corregida a la temperatura (d^{-1})

Y: Coeficiente de producción máxima

Se asume que la eliminación de la DBO_5 se puede describir con una función de eliminación de primer orden (METCALF, 1998). Es así, que mediante la ecuación 67, se puede determinar la DBO_5 del efluente en invierno y verano.

$$S = \frac{S_o}{1 + kx(V/Q)} \quad (67)$$

donde:

S: DBO₅ del efluente (mg/l)

S_o: DBO₅ del afluente (mg/l)

Luego, se estima la concentración de sólidos biológicos producidos y los sólidos suspendidos del efluente de la laguna previo a la sedimentación, mediante la ecuación 68 y ecuación 69, respectivamente.

$$X = \frac{Y_x(S - S_o)}{1 + k_d x \theta} \quad (68)$$

$$SS = S_o + \frac{X}{0,80} \quad (69)$$

Los cálculos expresados con anterioridad se efectuaron para ambas temporadas, y se detallan en la tabla XXX.

Tabla XXX: Parámetros de operación de la laguna aireada mecánicamente

Parámetro		Unidad	Valor
Temperatura del líquido en verano	Tw ver	°C	22,23
Temperatura del líquido en invierno	Tw inv	°C	11,85
Constante de velocidad de eliminación INV	k inv	1/d	1,55
Constante de velocidad de eliminación VER	k ver	1/d	2,85
DBO ₅ soluble del efluente INV	Sinv	mg/l	37,68
DBO ₅ soluble del efluente VER	Sver	mg/l	18,47
DBO ₅ del efluente INV	Sinv	mg/l	33,5
DBO ₅ del efluente VER	Sver	mg/l	19,0
Concentración de sólidos biológicos producidos INV	Xinv	mg/l	166,63
Concentración de sólidos biológicos producidos VER	Xver	mg/l	173,5
Sólidos suspendidos del efluente	SSinv	mg/l	605,76
Sólidos suspendidos del efluente	SSver	mg/l	614,34

Los próximos cálculos se orientan a la determinación de los niveles de oxígeno requerido por el sistema, y por ende los equipos necesarios para el abastecimiento de este parámetro a la laguna. A diferencia de la alternativa I, en este sistema se utilizarán difusores de burbuja gruesa, suspendidos por medio de una varilla que conecta a unas mangueras, y confluyen en los sopladores, capaces de proveer el aire requerido.

En forma homóloga, se definen los parámetros de RO, P_x y SOR, con las ecuaciones 41-43, descritas en el proceso de fangos activados. Con estos cálculos y las tablas provistas por el proveedor (ANEXO IX) es que se determinan el número de difusores y sopladores necesarios (ANEXO IV), según:

Tabla XXXI: Dimensiones y condiciones de operación del sistema de aireación y mezcla de la laguna aireada mecánicamente

Parámetro	Unidad	Valor
Requerimiento de oxígeno	kgO ₂ /d	65,20
Requerimiento de oxígeno estándar	kgO ₂ /d	121,92
Difusores - Burbuja FINA		
Caudal de diseño de difusores	scfm	3,70
Cantidad de difusores	dif	20,00
Densidad de difusores real	dif/m ²	0,9
Cantidad de cadenas		2
Sopladores		
Cantidad		2
Caudal de O ₂	m ³ /h	80,00
Modelo		R200
RPM		1450
Potencia	HP	1,30

4.3.2.2 Laguna de mezcla parcial

Esta laguna intermedia se utilizará para concluir con la remoción por medio de un aireador superficial dispuesto en el primer tramo de la misma, mientras que la sección restante será utilizada para la decantación de los sólidos removidos. Al igual que la laguna aireada, se impermeabilizará por medio de una membrana geotextil.

La estructura del recinto fue diseñada adoptando un tiempo de retención hidráulico de 7 días, que al multiplicarlo por el caudal, resulta en el volumen requerido de la laguna. El cociente entre este último valor y la altura asumida de 1,5 metros, arroja el área.

La diferencia de los sólidos suspendidos en el afluente y efluente determinados para la laguna aireada multiplicado por el caudal de diseño, resulta en el valor de la masa de lodos que pueden acumularse por año sin alcanzar una descomposición anaeróbica.

Con la premisa de que los sólidos volátiles representan un 70% de los sólidos totales, se precisa la producción másica de sólidos volátiles (M_{SSV}) y sólidos fijos (M_{SS}). A su vez, se asume que los sólidos volátiles siguen una descomposición lineal y la máxima descomposición de los mismos se alcanza al término de un año. De esta manera, y previendo una limpieza del tanque cada dos años, se determina la cantidad de sólidos volátiles acumulados al final de cada periodo, según:

$$SSV_t = [0,7 + 0,25x(t - 1)]x M_{SSV} \quad (70)$$

Asimismo, se calcula el valor para los sólidos fijos, multiplicando el periodo de dos años por la producción másica y sumándolo al resultado de la Ecuación 71.

$$SS_t = SSV_t + t x M_{SS} \quad (71)$$

Los cálculos anteriores, son necesarios para definir la profundidad requerida para el almacenamiento de los fangos. Primeramente, se consigue la masa por unidad de área al dividir SS_t por el área. Según METCALF (1998), los sólidos se compactan hasta un valor medio de 15% y su densidad ronda 1,06. Entonces, la profundidad se obtiene al dividir la masa de sólidos totales por unidad de área y los parámetros mencionados. Es así que la profundidad de la laguna debe ser de 1,5 metros.

La geometría de la laguna se presenta en la Tabla XXXII.

Tabla XXXII: Geometría de la laguna de sedimentación

Parámetro		Unidad	Valor
Largo superior	Ls	m	39,00
Largo inferior	Li	m	37,00
Ancho superior	Ws	m	14,00
Ancho inferior	Wi	m	12,00
Área superior	As	m ²	546,00
Área inferior	Ai	m ²	444,00
Volumen troncopiramidal	V	m ³	818,68

En cuanto al suministro de aire, se escoge un aireador superficial que sea capaz de otorgar un tercio del oxígeno requerido en la laguna aireada. Mediante la eficiencia de transferencia del equipo y el caudal de oxígeno requerido, se determina la potencia que debe proporcionar. Finalmente, se elige del catálogo del proveedor (ANEXO X) una turbina aireadora flotante AQUAFEN 1500RPM 1,5KW que acepta una altura máxima de líquido de 2,5 metros, sorteando la profundidad de la laguna. La misma estará sujeta a una linga cuyos extremos se fijen a los laterales de la laguna, para evitar cualquier movimiento errático del equipo fuera del área prevista.

4.3.2.3 Laguna de maduración

Esta fase cumple una doble función, culminar con bacterias patógenas, virus, parásitos y coliformes remanentes de procesos anteriores y por sobre todo, actuar como reservorio hasta ser utilizada nuevamente en las actividades de limpieza. Al almacenar efluente tratado que cumple con los parámetros de vuelco, no requiere de impermeabilización, permitiendo la potencial infiltración del líquido en el suelo. Según (Martinez et al, 2017), el reservorio contará con una entrada y una sola salida cuya ubicación estará por debajo del nivel del espejo de agua, aproximadamente a media profundidad, favoreciendo la operación adecuada de las lagunas y reduciendo la generación de cortocircuitos.

Ya que se utilizará como última fase del tratamiento, cabe mencionar que previo a esta laguna se ubicará la cámara de cloración para concluir con la desinfección del efluente y cumplir con los parámetros normados.

Se considera un tiempo de retención de 7 días, asumiendo que en este período las bacterias cumplieron su ciclo de vida o sufrieron un proceso de desinfección natural. Los factores que intervienen para el tratamiento son: potencial de hidrógeno alto, rayos ultravioleta del sol, existencia de depredadores, existencia de oxígeno disuelto y carencia de nutrientes (Cortez Martinez et al., 2017). Las dimensiones de la laguna se expresan en la Tabla XXXIII.

Tabla XXXIII: Geometría de laguna de maduración

Parámetro		Unidad	Valor
Profundidad	H	m	0,80
Pendiente			2,00
Tramo adicional	x	m	1,6
Largo superior	Ls	m	46,10
Largo inferior	Li	m	42,90
Ancho superior	Ws	m	23,85
Ancho inferior	Wi	m	20,65
Área superior	As	m ²	1099,35
Área inferior	Ai	m ²	885,76
Volumen troncopiramidal	V	m ³	792,51

Esta laguna está preparada para soportar grandes volúmenes de agua, por lo que no será necesario adicionar sistemas de conducción a la colectora pluvial, es decir que el agua tratada se destinará a su reuso en las actividades ya mencionadas.

4.3.4 Tratamiento terciario

4.3.4.1 Cámara de desinfección

Para el diseño de la cámara de cloración se siguen los mismos criterios explicados en el apartado 4.1.5.1. Los resultados obtenidos se expresan en la tabla XXXIV.

Tabla XXXIV: Parámetros de diseño de cámara de desinfección laberíntica

Parámetro		Unidad	Valor
Geometría cámara			
Altura	H	m	1
Volumen	V	m ³	2,0
Área	A	m ²	2,0
Ancho	W	m	1
Largo	L/A	m	2,0
Geometría canales			
Largo	Lc	m	2,0
Espesor de tabique	e	m	0,1
Número de tabique	n		4
Ancho canal	Wc	m	0,31

4.3.5 TRATAMIENTO DE LODOS

4.3.5.1 Línea de lodos primarios

El diseño se determina por medio de la generación quincenal de lodos, siendo de 50 l/h. El modelo seleccionado es análogo al de la primera alternativa, ya que posee mismo rango de caudal, siendo el modelo LW220x660 de la marca Xixiang Cobro Tech Co.

4.3.5.2 Línea de secundarios

Esta alternativa consta de una etapa de deshidratación, ya que se presupone que los lodos generados en las lagunas no requieren de los procesos anteriores por la longevidad y estabilidad del lodo, dada su larga estancia en dichos reservorios. Se asume que la generación de lodos en la laguna de maduración es despreciable.

La deshidratación se lleva a cabo por medio de playas de secado convencionales, cuyo material filtrante es una mezcla de diferentes granulometrías de arena y grava, que actúan

como retenedores de los sólidos presentes en el lodo, mientras que el agua es removida por evaporación a través de la radiación- convección, y por percolación siguiendo el fenómeno de la gravedad hacia un sistema de drenaje que se encuentra en la parte inferior del módulo. En este caso, las playas de secado estarán cubiertas para evitar el acceso de las lluvias, reduciendo la eficiencia del tratamiento. Los lechos están cercados por paredes de hormigón de 1 metro de altura.

El caudal de lodo ingresa por tuberías de PVC desde la parte superior de las paredes, por acción de la gravedad. En esta zona se colocan deflectores, que aseguran la distribución uniforme de los lodos, dispersan la fuerza con la que salen los lodos y protegen el material filtrante. Para acelerar el tiempo de secado, la lámina de lodos deberá superar los 20 cm (Tilley et al., 2014).

En cuanto al material filtrante, se coloca una capa inicial de arena de 0,25 m de espesor, conformado por grano fino y grueso. En esta capa se considera un margen de seguridad para compensar las pérdidas en las operaciones de limpieza. El siguiente estrato corresponde a la grava que se ubica de menor a mayor tamaño, piedra fina, media y grueso, alcanzando un espesor de 0,3 metros en total. En este último nivel se disponen las tuberías de drenaje lateralmente, unidas por medio de una central. Las mismas son de PVC perforadas de 150 mm de diámetro con una pendiente de 1% respecto a la dirección del fluido para su drenaje y circulación hacia el inicio de la primera laguna. No se harán modificaciones en el diseño de las unidades biológicas ya que el lixiviado no es significativo. Los detalles constructivos se presentan en la imagen XXXVI.

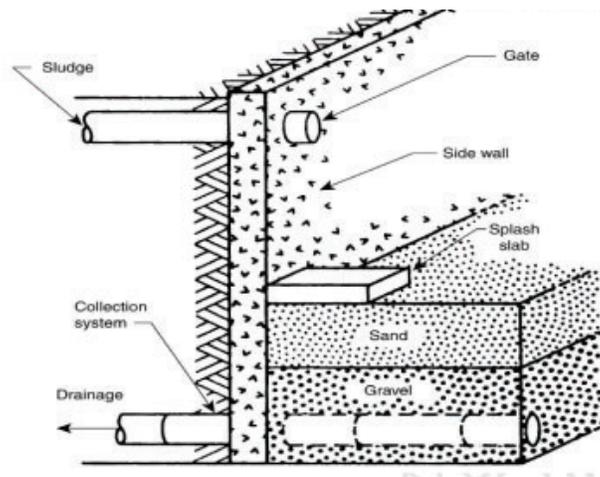


Fig. XXXVI: Corte transversal de un lecho de secado con sus componentes discriminados. Fuente: Google Imágenes

Para mejorar el secado y la percolación, la aplicación de lodo se alternará entre dos.

El contenido de humedad, después de 10 a 15 días en condiciones favorables, es del orden del 60% (METCALF et al, 1998).

4.4 Selección de la alternativa

A partir de los resultados obtenidos tras realizar los cálculos teóricos en el presente capítulo, sumado al acompañamiento de los análisis cualitativos desarrollados en el capítulo anterior, se aproxima a la mejor solución de las alternativas planteadas para el efluente en cuestión. Tal lo expresado en otras ocasiones, la decisión estará focalizada en algunos criterios específicos que serán de gran relevancia para la toma de decisión. Entre ellos, se priorizan los costos, flexibilidad, eficiencias de remoción, superficie ocupada y generación de lodos. Cabe destacar que, la información recabada es meramente teórica, por lo que se deberán llevar a cabo ensayos de laboratorio ajustados al tipo de efluente generado y comprobaciones experimentales en plantas piloto, para mayor precisión en la elección.

Con los factores elaborados en esta sección, se conformará una matriz de toma de decisiones o también llamada matriz de Pugh. Esta matriz apunta a abordar la decisión desde un punto de vista lógico, para sopesar entre las alternativas propuestas. Se trata de un

análisis a través de la ponderación, donde se asigna a cada variable un valor que refleje la relevancia que tiene en la definición de la alternativa más ajustada a las necesidades del cliente. Luego, se puntúan los factores para cada una de las alternativas, definiendo un rango de 1 a 5, donde 1 categoriza como valor bajo, mientras que 5 indica la mejor condición. En primera instancia, se desglosan cada una de las variables seleccionadas.

4.4.1 Superficie ocupada

Este criterio de selección se sitúa entre uno de los más importantes, ya que si bien el predio cuenta con espacios inoperativos, en su gran mayoría se encuentran ocupados por instalaciones obsoletas, que deberían ser demolidas para la implantación del proyecto, acrecentando el costo del proyecto. Asimismo, el sistema ferroviario es dinámico, por lo que eventualmente podrían requerir parte del terreno para incorporar otras actividades, con lo cual, la reducción del espacio requerido por la planta es valorable en este caso. En la tabla XXXV, se expresan las superficies calculadas para ambas alternativas.

Tabla XXXV: Superficie ocupada por cada uno de los tratamientos que involucran la Alternativa I y II

Área ocupada (m ²)			
Alternativa I		Alternativa II	
Rejas ind	0,28	Rejas ind	0,28
Trampa de grasas	2,40	Trampa de grasas	2,40
Ecuilizador	54,28	Ecuilizador	54,28
CPI - Placas corrugadas	3,45	Pileta API	25,20
Rejas cloacal	0,15	Rejas cloacal	0,15
Tamiz	0,64	Tamiz	0,64
Lodos Activos + Sedimentador secundario + Cloración	18,67	Laguna aireada	264,00
		Laguna de sedimentación	478,02
		Cámara de cloración	2,0
Tanque cisterna	23	Laguna maduración	1099,35
Tanque centrífuga	150	Tanque centrífuga	150
Bolsas filtrantes	2,58	Lechos de secado	32,91
Total	255,99	Total	2106,66

A simple vista, el cuadro demuestra que la alternativa I requiere de menor espacio que la alternativa II. Si bien, esta era una premisa planteada en el capítulo anterior, en esta instancia se manifiesta la necesidad de 20 veces más de superficie para la alternativa II. Aún si se decidiese suplantar la laguna de maduración (unidad de mayor superficie) por un tanque cisterna para la acumulación de agua, el sistema supera 10 veces a la Alternativa I.

Cabe destacar que, según análisis de contaminación recientes, se determinó que la matriz suelo presenta valores elevados de hidrocarburos totales producto de la acumulación de materiales, maquinaria y otros a lo largo de los años a la intemperie, y en consecuencia, al entrar en contacto con la lluvia, percolaron a los diferentes estratos. Es así, que se concluye, que la tierra removida para la implantación de las unidades de tratamiento, deberá gestionarse bajo la categoría de residuos peligrosos mediante la corriente Y48/Y8 (Ley N°24.051)

4.4.2 Eficiencias de remoción

Este ítem es fundamental para asegurar el cumplimiento de regulaciones ambientales, garantizando que los contaminantes se remueven de manera efectiva; proteger el medio ambiente, minimizando el impacto negativo sobre los ecosistemas y la biodiversidad que supone la descarga sobre cuerpos de agua; fortalecer la responsabilidad corporativa y mantener buenas relaciones con la comunidad y los grupos de interés; y salvaguardar la salud y seguridad de los trabajadores.

Es importante remarcar que los porcentajes de remoción provienen en su totalidad, de fuentes bibliográficas con experiencias en efluentes de similares características al de estudio, según se detalla en la tabla XXXVI.

Tabla XXXVI: Eficiencia de remoción para cada etapa, basado en bibliografía. Fuente: (a) Metcalf&Eddy,2003; (b) Romero Rojas,2005; (c) Perez, 2011; (d) Eckenfelder, 2000; (e) Bush, 1980; (f) Ghimire & Wang, 2018; (g) Jafarinejad & Jianga, 2019; (h) Chin, 1994; (i) Huerta, 2003; (j) Astonitas, 2018; (k) García et al., 2012; (l) Torres Vazquez, et al, 2019

Unidad	Pretratamiento			Tratamiento primario		Tratamiento secundario		Tratamiento terciario
	Rejas	Trampa de grasas	Tamiz	AI - Separador CPI	AII - Separador API	AI - Lodos activos	AII - Tren laguna aireada mecánicamente	Cámara de cloración
DBO5		28% ⁽ⁱ⁾	10% ^(j)	50-98% ^(c)	45-90% ^(c)	95-97% ^(g)	40-95% ^(e)	
DQO		15% ⁽ⁱ⁾		22-45% ^(d)	22-45% ^(d)	89% ^(f)	30-65% ^(e)	
SST	5-20 ⁽ⁱ⁾	15% ⁽ⁱ⁾	35% ^(k)	90% ^(l)	60% ^(c)	98% ^(f)	90% ^(f)	
P						10-25% ^(b)		
N amoniacal						15-50% ^(a)		
Patógenos								100% ^(b)
SSEE		70% ⁽ⁱ⁾		80-100% ⁽ⁱ⁾ (l)	63-90% ^{(c)(d)(h)}			
SAAM		60% ⁽ⁱ⁾		85% ^(l)	80% ⁽ⁱ⁾	90% ^(g)	70-90% ^{(g)(h)}	
Hidrocarburos totales		35% ⁽ⁱ⁾		90% ^(l)	85% ^{(c)(m)}			

En la tabla XXXVII, se plasman los resultados finales para cada una de las alternativas. En el mismo cuadro se comparan los valores con los límites máximos permisibles que exige la sumatoria de normativas que se definieron en la parte introductoria. Se seleccionaron los parámetros más alarmantes en efluentes con estas particularidades.

Tabla XXXVII: Resultado de parámetros medidos en el efluente tratado para cada una de las alternativas estudiadas y comparación con los límites máximo permitidos mediante diferentes colores

Parámetro	Límite máximo permitido (mg/L)	Alternativa I (mg/L)	Alternativa II (mg/L)
Remoción SSEE	50	14,24	29,81
Remoción DBO ₅	15	10,93	13,66
Remoción DQO	125	101,51	101,51
Remoción SST	35	12,86	34,69
Remoción Hidrocarburos totales	10	3,95	4,70
Remoción SAAM	2	1,26	2,00

A simple vista, los resultados no difieren significativamente entre una y otra alternativa, ya que ambas garantizan la disminución de los parámetros para cumplir con la normativa. Sin embargo, para comprender mejor los resultados, se aplicaron colores según el siguiente criterio: Rojo indicando que el valor de remoción obtenida se encuentra muy próxima al límite máximo de vuelco permitido (< 10%), naranja con un rango más amplio (>5% y < 10%), y verde (>10%). De esta manera, se puede visualizar cuál alternativa estaría preparada para amortiguar cualquier cambio en las características del efluente o shock de imprevisto, y no sobrepasar las regulaciones exigidas.

A su vez, se retoma en este apartado la evaluación del límite de carga másica que define el ANEXO B de la resolución 283/19 de ACUMAR, para certificar el cumplimiento. Se establece como Q_t a aquel que proviene de la última unidad de tratamiento, siendo de 113,14 m³/día. Según lo expresado con anterioridad, las situaciones de vertimiento de agua residual a la red pluvial son mínimas puesto que se espera reutilizar la mayor parte en el proceso de limpieza de maquinaria, por lo que si se considera la peor condición donde el aprovechamiento del efluente fuese reducido, el caudal destinado al pluvial entonces sería del 70% del caudal total. En esta circunstancia el Q_m es de 79 m³/día.

Respecto a la Ct, se consideraron los valores límite que ofrece el ANEXO A para todos los parámetros, excepto la DBO₅ ya que de acuerdo a la ubicación del predio dentro de la cuenca, es el valor que se considera. En la Tabla XXXVIII se presentan los resultados de CMVL y CMV calculados a partir de la Ecuación 1 y 2 respectivamente. El análisis se efectúa para ambas alternativas, determinando que ambas cumplen con el ANEXO B de la resolución 283/19 de ACUMAR.

Tabla XXXVIII: Cálculo y comparación de CMVL y CMV en los diferentes parámetros de estudio, para las alternativas I y II, según indica el ANEXO B de la resolución 283/19 de ACUMAR

Parámetro	CMVL (g/día)	Alternativa I		Alternativa II	
		CMV (g/día)	Conclusión	CMV (g/día)	Conclusión
Remoción SSEE	5650	1125	CUMPLE	2355	CUMPLE
Remoción DBO	1695	863	CUMPLE	1079	CUMPLE
Remoción DQO	14125	7301	CUMPLE	7301	CUMPLE
Remoción SST	3955	886	CUMPLE	2551	CUMPLE
Remoción HT	3390	311	CUMPLE	371	CUMPLE
Remoción SAAM	226	99	CUMPLE	158	CUMPLE

4.4.3 Generación de lodos

En la tabla XXXIX se presentan los lodos generados mensualmente por cada una de las alternativas.

Tabla XXXIX: Comparación de generación mensual de lodos generados en cada una de las alternativas (I y II)

Alternativa	Lodos	Generación mensual (m ³ /mes)
Alternativa I	Primarios	49,26
	Secundarios	19,127
Alternativa II	Primarios	42,011
	Secundarios	5,35

Los lodos primarios se mantienen semejantes en ambas alternativas, no así en el caso de los lodos secundarios, cuya proporción es mayor en el caso de los lodos activos, resultando en términos generales en un mayor precio para esta última alternativa. La periodicidad de recambio de las bolsas se ve compensada con la necesidad de remover los lodos que se van acumulando en el lecho de secado.

4.4.4 Costos

Se presentará un análisis económico general, conociendo en esta instancia las dimensiones de los dispositivos y la cantidad de unidades accesorias para cada una de las etapas de los tratamientos. Este es uno de los criterios más relevantes a tener en cuenta en la toma de decisiones. En esta fase, se desarrollará un análisis a grandes rasgos, por lo que se desestimaron los costos asociados a las unidades que comparten ambas alternativas, ya que en la comparativa no tendrían relevancia alguna. Es así que no se analizará el costo de la fase de pretratamiento, y el tratamiento de los lodos primarios, así como los sistemas de conducción e impulsión.

Por lo que precede, se decide evaluar el tratamiento secundario y primario, ya que se infiere son los tratamientos más costosos. En el ANEXO XI se discriminan los cálculos efectuados para cada una de las alternativas, resumiendo en la tabla XL los costos totales a valor de dólar oficial.

Tabla XL: Comparación de costos relativos a cada una de las alternativas propuestas

Variable	Alternativa I	Alternativa II
Inversión inicial*	USD 68.257,54	USD 256.657,90
Costo de operación y mantenimiento*	USD 2.302,04	USD 1.872,75
Costo por m ³ de efluente*	USD 0,68	USD 0,55

*Los costos son parciales ya que únicamente incluyen los valores asociados a la operación y mantenimiento de las unidades que difieren en cada una de las alternativas

A priori, se esperaba que las lagunas tuviesen un costo inicial muy por debajo al asociado a los lodos activos, sin embargo el cuadro demuestra lo contrario. Estos costos

elevados resultan del retiro, traslado y disposición final que implica la gestión de la tierra contaminada a extraer para la construcción de las lagunas, así como la inversión que debe realizarse en la excavación de los pozos extensivos de tierra. En términos de operación y mantenimiento, si bien se ha tenido en cuenta la presencia de una bomba más en el sistema de lodos activos y el consumo de insumos tales como las placas corrugadas del separador CPI y de la reposición de bolsas filtrantes, el sistema de lagunaje posee una gran demanda en términos energéticos, debido a la presencia del sistema de provisión de aire tanto en la laguna aireada como en la laguna de sedimentación ulterior y esto determina el alto costo mensual que implica la gestión de esta alternativa. Es por esto, que el cuadro arroja un resultado superior para los costes asociados a la alternativa II.

4.4.5 Flexibilidad

La flexibilidad se refiere a la capacidad de la planta para ajustar su funcionamiento y adaptarse a diferentes condiciones y cargas de efluentes de manera eficiente y efectiva, es decir, responder a variaciones en la calidad y cantidad de los efluentes de entrada, así como a cambios en los requisitos regulatorios y las condiciones ambientales. En este sentido, la planta debe cumplir con diferentes factores para encontrarse a la vanguardia. Entre ellos:

- Cumplimiento de la normativa: Adaptarse a cambios en las características de los efluentes de tal manera que continuamente el proceso se encuentre en regla con los parámetros de vuelco
- Diseño modular: Utilizar unidades de tratamiento modulares que se pueden agregar o quitar según sea necesario para adaptarse a las condiciones cambiantes.
- Capacidad de Almacenamiento: Tener capacidad de almacenamiento adicional para efluentes tratados o crudos, lo que permite gestionar fluctuaciones en la carga de manera más efectiva
- Resiliencia ante Desafíos: La flexibilidad también es importante para garantizar que la planta pueda seguir funcionando incluso en situaciones

A partir de lo anterior, es notable destacar las particularidades de la Alternativa I, en principio porque la misma se compone de un sistema compacto que brinda la posibilidad de movilizar el sistema ante cualquier imprevisto. Asimismo, consta de operaciones unitarias

cuyas variables de operación están ligadas a factores tales como el caudal de purga, la relación F/M y la inyección de aire, por lo que mediante un operador calificado puede manipularlas fácilmente, sin tocar la estructura.

En el caso del sistema de lagunaje, está preparado para recibir shocks de contaminantes, ya que su gran tamaño permite la dilución de los mismos. Sin embargo, a la hora de regular variables, solo es posible modificar únicamente aquellos que respecta al flujo de aireación. Además, la rigidez de su movimiento, aumenta la connotación negativa a la flexibilidad de este sistema. Lo mismo ocurre con el separador API.

Por lo expuesto anteriormente, la Alternativa I tendrá mayor puntaje al contrario de la Alternativa II.

Tras el análisis anterior, se conforma la siguiente matriz de decisiones (Tabla XLI).

Tabla XLI: Matriz de Pugh para análisis de Alternativa I y II y elección de la más apropiada para el efluente en estudio

Variable	Relevancia (%)	Puntaje	
		Alternativa I	Alternativa II
Superficie	25	5	1
Costo	30	4	1
Eficiencia de remoción	25	4	3
Generación de lodos	10	2	4
Flexibilidad	10	3	2
Puntaje		3,95	1,9

Según lo expuesto, se puede concluir que la alternativa que mejor se adapta al efluente en cuestión es la opción I, por lo que los apartados siguientes harán foco en esta elección.

Aprovechamiento de agua - Alternativa elegida

El consumo de agua en el predio de Remedios de Escalada posee diversos orígenes según se discrimina a continuación:

Consumo estimado por persona: Según la Organización Mundial de la Salud (2010), el consumo de un habitante promedio es de 50-100 l/d. Considerando una estadía en el predio de 8 horas aproximadamente y calculando por el total de empleados, se determina que el consumo diario es de 30.000 litros.

- Agua utilizada para el lavado de vehículos férreos y accesorios: Según los cálculos efectuados a lo largo del documento, el requerimiento diarios es de 109.600 litros para esta actividad
- Agua consumida por tareas de limpieza: El área de limpieza puede requerir agua para el aseo de baños y oficinas. Se estima el consumo por medio de la capacidad de un balde de 11 litros. Por ende, un resultado de 220 litros diarios
- Lavado de pisos de talleres: Los operarios regularmente lavan los pisos de los talleres, que se colmatan de residuos, tales como aceite o viruta, para evitar accidentes. Se estiman 2000 litros diarios.

La suma de los datos anteriores nos arroja un valor de 141.820 litros diarios. Considerando una semana de 6 días ya que corresponden a los periodos de mayor actividad, obtenemos un valor de 850.920 litros/ semanales. El tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 100 m³, por lo que semanalmente se podrán aprovisionar de 700m³. Esto significa que se puede reducir un 80% del agua que se consume semanalmente en el predio, al reutilizar el efluente tratado en el lavado de los vehículos.

Al término de 6 meses, se puede reducir el consumo de agua en un equivalente a casi 5 piletas olímpicas (volumen: 3.375 m³).

CAPÍTULO V. DISEÑO HIDRAULICO DEL PROYECTO

Habiendo resuelto que la Alternativa I es la más pertinente, en diferentes aspectos, para el tratamiento del efluente en estudio, en este capítulo se procederá a calcular y definir todos los aspectos hidráulicos del emplazamiento y otras consideraciones generales.

5.1 Selección del terreno

Según lo expuesto en el apartado 3.2 ubicación, el terreno cuenta con varias zonas en estado de abandono, donde se podría emplazar la planta de tratamiento. Con el objetivo de reducir al máximo los costos en los sistemas de impulsión y conducción del efluente, así como también, los costos asociados al desmontaje de instalaciones en desuso presentes, se determinó que el sector más adecuado para la instalación de la planta es aquel que se demarca en la Fig. XXXVII, por su cercanía a la plataforma de lavado, por la carencia de construcciones edilicias que requieran de su demolición y por la cota inferior de terreno respecto al resto de instalaciones, que posibilita conducir el efluente por gravedad mayoritariamente. El tamaño de esta zona supera ampliamente el área requerida por la alternativa seleccionada, por lo cual es apta para su construcción.



Fig. XXXVII: Identificación del sitio donde se construirá la planta de tratamiento de efluentes dentro de los límites del taller de Remedios de Escalada. Demarcación de proveniencia de efluentes cloacales e industriales. Fuente: Elaboración propia a partir de Mymaps

Favorablemente, en el territorio elegido permanecen estructuras obsoletas que antiguamente se empleaban como tanques de almacenamiento de agua, tal como se plasma en la Figura XXXVIII. Puesto que el estudio proyecta una instalación que actúa de reservorio para el agua tratada, se evaluará el acondicionamiento de los tanques preexistentes para su reaprovechamiento en el proyecto, consiguiendo reducir los costos iniciales que suponen el mismo. El mismo abarca 15 mts de largo x 10 de ancho x 1mts de altura, lo cual brinda la posibilidad de albergar el total del efluente tratado, descartando aquellos casos puntuales de parada de planta de lavado o inoperatividad.



Fig. XXXVIII: Imagen de tanques de reservorio de agua antiguos existentes en el predio de Remedios de Escalada. Fuente: Google Earth

5.2 Sistema de conducción del efluente

El transporte del afluente desde la producción hacia la planta de tratamiento y de este a través de las diferentes unidades, se realiza mediante una línea de conducción. La misma está compuesta por tuberías o canales y sus accesorios, que aseguran el funcionamiento y la correcta operación del sistema. La conducción del fluido puede ser por gravedad, por impulsión o una combinación de las anteriores.

En este caso, se optará por la instalación de tuberías, frente a los canales, puesto que tienen un menor costo y se reducen al mínimo los riesgos y posibles impactos sobre la salud y el ambiente, ya que permanecen cerrados. El material seleccionado para las conducciones es

el Policloruro de Vinilo (PVC), por su elevada resistencia mecánica y química, su baja rugosidad hidráulica, su duración, economicidad, liviandad, fácil instalación y manipulación, entre otros (McCabe et al., 1991).

En el diseño se priorizará reducir los costos energéticos, utilizando cañerías lo más cortas posibles, evitando cambios de dirección y reduciendo al mínimo la cantidad de accesorios, que se traducen en un aumento de la pérdida de carga. A los fines de optimizar los recursos, prevalecerá los tramos donde actúe la fuerza de gravedad, frente a aquellos a presión impulsados por bombas.

Para facilitar el diseño, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- El efluente transportado por las tuberías es un fluido ideal, es decir, es incompresible (su densidad permanece constante en el tiempo), no viscoso, irrotacional (no hay movimiento angular del fluido), y se mueve bajo régimen estacionario (constante en el tiempo).
- El régimen del movimiento del fluido en las cañerías es turbulento, es decir, que el perfil de velocidades del efluente en la tubería se encuentra completamente desarrollado a todo momento y en todo el conducto.
- La velocidad de circulación de fluidos poco viscosos permanece entre en 1,2-2,4 m/s para líneas de conducción y de 0,15 -0,3 m/s para aquellos que actúan por medio de la fuerza de gravedad (McCabe et al., 1991).
- En los tramos donde el efluente circula por gravedad, se selecciona una pendiente entre 3-5% (ENOHSA).

El caudal del efluente y el tipo de conexión, así como los requerimientos de accesorios, varía entre las unidades propuestas. Es por ello que se discriminan los diferentes tramos que componen el sistema total en la Tabla XLII.

Tabla XLII: Identificación de los tramos de conducción que componen la planta de tratamientos de efluentes

Tipo de tratamiento	Unidad inicial	Unidad final	Denominación Tramo
Pretratamiento EI	Plataforma de lavado	Rejas	1A
	Rejas	Tq separador de grasas	1B
	Tq separador de grasas	Ecuilizador	1C
Pretratamiento EC	Producción ef cloacal	Rejas	1D
	Rejas	Tamiz	1E
	Tamiz	Pozo de bombeo	1F
Tratamiento primario	Ecuilizador	Tq coalescedor	2A
	Tq coalescedor	Pozo de bombeo	2B
Tratamiento secundario	Pozo de bombeo	Lodos activos	3A
	Sedimentador sec	Lodos activos	3B
Tratamiento terciario y almacenamiento de efluente	Sedimentador sec	Cámara cloración	4A
	Cámara cloración	Cámara de registro	4B
	Cámara de registro	Tq almacenamiento de agua	5E
	Tq almacenamiento de agua	Plataforma de lavado	4C
	Tq almacenamiento de agua	Descarga Pluvial	4D
Tratamiento de lodos	Tq coalescedor	Centrífuga	5A
	Centrífuga	Lodos activos	5B
	Sedimentador sec	Bolsas filtrantes	5C

*El tramo lodos activos-sedimentador sec no se consideró ya que al estar conectados, el flujo es a través de un hendija en la pared que divide ambas unidades

Los cálculos se harán asumiendo un llenado parcial de las mismas, tal como se observa en la Fig. XXXIX. Se asume una relación $do/y = 0,75$, resultando en un ángulo θ de 120° .

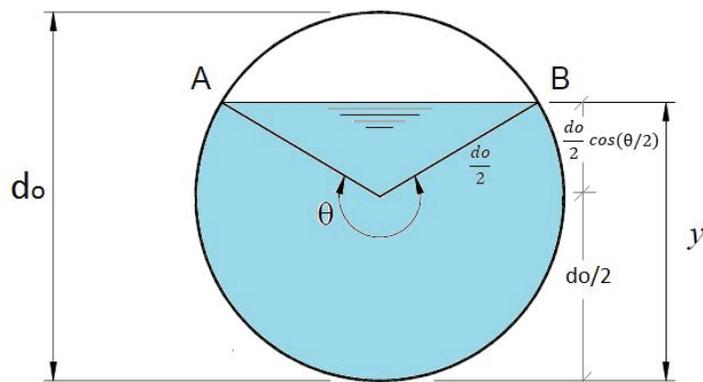


Fig. XXXIX: Corte transversal de una tubería parcialmente llena. Fuente: Google Imágenes

Considerando las recomendaciones mencionadas anteriormente, se adopta una velocidad de fluido teórica de 0,3 m/s para las secciones cuyo fluido circula por gravedad y 1,2 m/s para las líneas de impulsión por bombeo. Al dividir el caudal que circula por la tubería en cada tramo (Q), por dicha velocidad, se obtiene el área mojada, según:

$$A_{\text{mojada}} = \frac{Q_{\text{diseño}}}{v_{\text{escurrimiento}}} \quad (72)$$

En función del porcentaje de llenado, se introduce a la tabla del ANEXO XII, el cual relaciona este parámetro con ciertas relaciones geométricas de interés. Es así, que se obtienen diferentes valores de diámetro interno que varían entre 0,002 y 0,11 metros.

Para las conducciones a presión o gravedad, los parámetros relevantes de la sección transversal de una tubería son el diámetro nominal (DN), correspondiente al material de la tubería, el diámetro externo (DE) y el diámetro interior (DI), haciendo referencia este último a la sección hidráulicamente aprovechable. En el caso de tuberías de PVC, el DN es equivalente al DE, por lo que el espesor y la presión máxima que tolera la tubería están definidos por la clase de tubería. El proveedor SERVICIOS SANITARIOS S.A. comercializa caños de pvc, seleccionando los siguientes diámetros nominales para cubrir la demanda que surge de los cálculos: **DN 20mm, DN 40mm, 50mm, 63 mm y 110mm** (ANEXO).

El próximo paso es el cálculo del radio hidráulico (R_h) de la tubería que surge del cociente entre el área mojada y el perímetro mojado, derivando en la siguiente expresión:

$$R_{hidráulico} = \frac{A_{mojada}}{P_{mojado}} = \frac{D}{4} \times \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}\right) \quad (73)$$

El resultado anterior se introduce en la ecuación de Chez-Manning (Ecuación 74) para determinar la velocidad de escurrimiento en las tuberías de conducción por gravedad para cada uno de los diámetros.

$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} I^{1/2} \quad (74)$$

Donde,

v = Velocidad del fluido (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad Manning (PVC = 0,011)

R_h = Radio hidráulico (mm)

I = Pendiente elegida (%)

Una vez determinadas las velocidades, se comprueba que se encuentren dentro de los parámetros recomendados por ENOHSA, descritos anteriormente.

En aquellos tramos donde la fuerza gravitatoria no sea suficiente para el movimiento del fluido, se instalarán bombas centrífugas que impulsen el efluente hasta la siguiente unidad. En este caso, la conducción será a presión. Tomando como velocidad de escurrimiento del fluido de 1,8 m/s, se desarrollan los mismos cálculos que en el caso de fluidos por gravedad.

5.2.1 Pérdidas de carga

La pérdida de carga en una tubería es la disminución de energía dinámica del fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene. Pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o localizadas por circunstancias particulares como ser, un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de un accesorio, entre otros.

Se desprecia la pérdida de carga en accesorios, ya que no se tiene en cuenta cuando el fluido circula a velocidades bajas, como lo es en este caso, cuya fuerza conductora es la gravedad.

Para determinar este parámetro se utilizará la ecuación de Darcy - Weisbach, descrita a continuación, debido a que es más precisa frente a otros métodos de cálculo.

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} Q^2 \quad (75)$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga por fricción (m)

f: Factor de fricción de Darcy

L: Longitud de la tubería (m)

D: Diámetro de la tubería (m)

v: Velocidad media del fluido (m/s)

g: Aceleración estándar de la gravedad: 9,81 (m/s²)

Q: Caudal (m³/s)

El paso previo al cálculo de la pérdida de carga, es la determinación del factor de fricción de Darcy, pero para ello se debe conocer el número de Reynolds, definido por medio de la Ecuación 76.

$$Re = \frac{D v \rho}{\mu} \quad (76)$$

Donde,

Re: Número de Reynolds

D: Diámetro de la tubería (m)

v: Velocidad del fluido en la tubería (m/s)

ρ : Densidad del fluido

μ : Viscosidad cinemática del fluido

Se considera una temperatura de 20 °C, por lo que los valores de densidad y viscosidad son 998,29 Kg/m³ y 0,001003 Kg/m.s, respectivamente.

Una vez determinado el Re, se prosigue a calcular el factor de fricción por medio de la correlación de Haaland para tubos rugosos (Ecuación 77).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -3,6 \times \log \left(\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{e}{3,7D} \right)^{\frac{10}{9}} \right) \quad (77)$$

Dónde:

f: factor de fricción de Darcy

Re: número de Reynolds

D: diámetro de la tubería (m)

ε: rugosidad del material de la tubería (PVC: 0,0015 mm)

Con los datos anteriores, se procede a calcular la pérdida de fricción con la ecuación 73.

Asimismo, se debe considerar las pérdidas de carga procedentes de los accesorios instalados en cada tramo de tubería, las cuales son función de la constante del accesorio (K_{acc}) y de la velocidad del fluido, según se representa en la ecuación 78:

$$hf_{Acc} = K_{Acc} \frac{v^2}{2g} \quad (78).$$

Donde,

hf_{Acc} : Pérdida de carga en accesorios (m)

K_{Acc} : Constante característica de fricción ejercida por los accesorios instalados

v: Velocidad de de escurrimiento del fluido (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

En la Tabla XLIII se refleja el resultado de los cálculos desarrollados a lo largo de este apartado, tanto para las tuberías donde el fluido circula por gravedad, como aquellas que lo hacen por acción de la presión.

Tabla XLIII: Detalle de cálculo de conducciones por gravedad y presión.

Tramo	Caudal (m ³ /s)	Velocidad de escurrimiento (m/s)	Área mojada (m ²)	Diámetro interno (m)	Perímetro mojado (m)	Radio hidráulico (m)	Pendiente cañera (m)	N° Reynolds	Largo total de la tubería	Rugosidad relativa	Factor de fricción de Darcy	Pérdida de carga en tubería (m)	Accesorios	Constante	Total	Pérdida de carga en accesorios (m)	Pérdida de carga total (m)
1A	2,00E-03	0,30	0,0067	0,10	0,1076	0,0620	0,0030	7,97E+04	1	1,46E-05	4,69E-03	2,09E-04	Valvula mariposa Codo de 90° x2	0,24	1,64	5,09E-02	5,11E-02
1B	2,00E-03	0,30	0,0067	0,10	0,1076	0,0620	0,0030	7,97E+04	1	1,46E-05	4,69E-03	2,09E-04	Codo de 90° Valvula mariposa Tee en línea recta	0,70	0,7	2,17E-02	2,19E-02
1C	2,00E-03	0,30	0,0067	0,10	0,1076	0,0620	0,0030	7,97E+04	1	1,46E-05	4,69E-03	2,09E-04	Codo de 90° Valvula mariposa Tee en línea recta	0,24	0,64	1,99E-02	2,01E-02
1D	5,33E-04	0,30	0,0018	0,05	0,0555	0,0320	0,0030	2,65E+04	5	2,83E-05	6,02E-03	2,80E-03	Valvula mariposa	0,24	0,94	1,21E-02	1,47E-02
1E	5,33E-04	0,30	0,0018	0,05	0,0555	0,0320	0,0030	2,65E+04	2	2,83E-05	6,02E-03	1,04E-03	Codo de 90° Valvula mariposa	0,70	1,4	1,80E-02	1,90E-02
1F	5,33E-04	0,30	0,0018	0,05	0,0555	0,0320	0,0030	2,65E+04	2	2,83E-05	6,02E-03	1,04E-03	Valvula mariposa Codo de 90° x2	0,24	1,64	2,11E-02	2,21E-02
2A	1,09E-03	1,20	0,0009	0,04	0,0397	0,0228	0,0030	1,51E+04	7	3,86E-05	6,93E-03	9,41E-02	Codo de 90° x4 Tee en línea recta	0,7	3,04	2,49E-02	1,19E-01
2B	1,09E-03	0,30	0,0038	0,08	0,0793	0,0457	0,0030	4,80E+04	3	1,88E-05	5,24E-03	9,53E-04	Codo de 90° x2	0,70	1,4	2,89E-02	2,99E-02
3A	1,31E-03	1,20	0,0011	0,04	0,0435	0,0251	0,0030	1,76E+04	5	3,81E-05	6,86E-03	5,88E-02	Codo de 90° x6 Tee en línea recta	0,7	4,44	4,12E-02	1,00E-01
3B	9,13E-04	1,2	0,0008	0,03	0,0363	0,0209	0,0030	1,31E+04	8	4,32E-05	7,20E-03	1,22E-01	Valvula mariposa	0,24	0,94	6,86E-03	1,29E-01
4A	1,31E-03	0,30	0,0044	0,08	0,0870	0,0502	0,0030	5,60E+04	2	1,80E-05	5,06E-03	5,59E-04	Codo de 90° x2	0,70	1,4	3,28E-02	3,30E-02
4B	1,31E-03	0,30	0,0044	0,08	0,0870	0,0502	0,0030	5,60E+04	1	1,80E-05	5,06E-03	2,80E-04	Codo de 90° x2	0,70	1,4	3,28E-02	3,30E-02
5E	1,31E-03	1,20	0,0011	0,0418	0,0435	0,0251	0,0030	1,76E+04	18	3,81E-05	6,86E-03	2,12E-01	Codo de 90° x4	0,70	2,8	2,60E-02	2,38E-01
4C	1,31E-03	0,30	0,0044	0,08	0,0870	0,0502	0,0030	5,60E+04	15	1,80E-05	5,06E-03	4,19E-03	Valvula mariposa Codo de 90° x4	0,24	3,04	7,11E-02	7,53E-02
4D	1,31E-03	0,30	0,0044	0,08	0,0870	0,0502	0,0030	5,60E+04	25	1,80E-05	5,06E-03	6,99E-03	Valvula mariposa	0,24	1,64	3,84E-02	4,54E-02
5A	1,03E-05	0,30	0,0000	0,0074	0,0077	0,0044	0,0030	8,85E+02	2	2,04E-04	1,66E-02	2,08E-02	Codo de 90° x2	0,70	1,4	1,29E-03	2,21E-02
5B	7,98E-06	0,30	0,0000	0,0065	0,0068	0,0039	0,0030	7,99E+02	3	2,31E-04	1,81E-02	3,85E-02	Codo de 90° x3	0,7	2,34	1,83E-03	4,03E-02
5C	7,38E-06	0,30	0,0000	0,0062	0,0065	0,0038	0,0030	7,48E+02	3	2,40E-04	1,86E-02	4,12E-02	Codo de 90° x2	0,70	1,4	1,04E-03	4,22E-02

*Las conducciones que unen los sistemas de aireación con los sopladores no se contemplaron en este cálculo. Se considerará un margen de resguardo en el presupuesto

La disposición de las unidades será tal que permita el transporte del efluente por acción de la gravedad en la mayor parte de los tramos, empleando la menor cantidad de bombas posibles para la impulsión del fluido. Para tal fin, se tomó la pérdida de carga total que incluye la fricción producto de tuberías y elementos accesorios, y a ese valor se le adiciona un 20% más, como margen de seguridad por posibles cambios en sistemas de conducción que no requieren el movimiento de las unidades. Entonces, la altura mínima es de 4,2 m, que se distribuye en medidas de diferencia de 0,2 m por unidad para compensar las pérdidas en cada tramo.

Tras el análisis anterior, se disponen las unidades a diferentes alturas según se representa en la figura XL. Puesto que representa un elevado costo la disposición de tierras, se evitará en los casos que sea posible, el enterramiento de las unidades. Es así, que se requerirá del movimiento de 633 m³ de tierra.

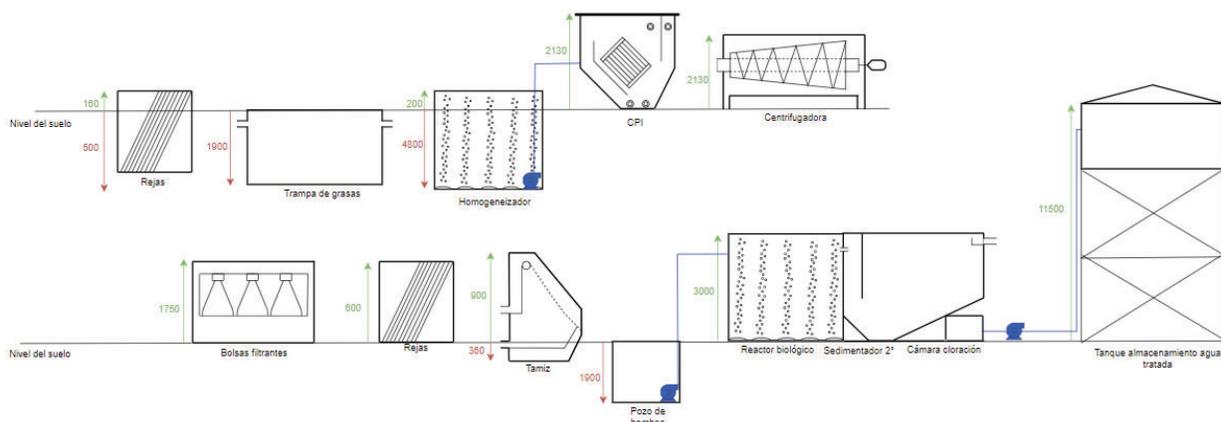


Fig. XL: Representación gráfica del enterramiento y disposición de las unidades para que el efluente circule mayoritariamente por gravedad. En azul la ubicación de las bombas. Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Bombas

Tal cual lo explicado en párrafos anteriores, será necesaria la instalación de bombas en las conducciones donde el fluido no venza los obstáculos y por ende no pueda circular normalmente. Es así, que se decide instalar 3 bombas, más una adicional a cada una de repuesto.

La bomba N° 1, del tipo sumergible, estará ubicada en el interior del equalizador. La misma impulsará el efluente homogeneizado hasta el separador de placas coalescentes.

La bomba N° 2, también sumergible, se instalará dentro del pozo de bombeo donde se produce la mezcla del efluente industrial y el efluente cloacal, para luego ser conducida hasta el sistema de lodos activos.

La bomba N° 3, del tipo centrífuga, impulsará el efluente desde el filtro hacia el tanque de almacenamiento de agua.

La conducción del tramo 3B se realizará por medio del proceso AIRLIFT, y en el caso del tramo 5B, la centrífuga tiene integrada un rodete a presión que posibilita devolver el agua residual a la cabeza del reactor de lodos activos.

Para conocer la potencia que debe desarrollar la bomba, se aplica en primera instancia la ecuación de Bernoulli, la cual relaciona el estado en el que se encuentran dos puntos, “a” y “b”, en este caso, la salida del efluente de la unidad anterior a la ubicación de la bomba y la zona de descarga posterior al sistema de impulsión, respectivamente.

$$\frac{v_a^2}{2g} + Z_a + \frac{P_a}{\rho g} - h_f + h_B = \frac{v_b^2}{2g} + Z_b + \frac{P_b}{\rho g} \quad (79)$$

Donde:

v_a : Velocidad del fluido en el punto “a” (m/s)

g : Aceleración de la gravedad (m/s²)

Z_a : Altura en el punto “a” (m)

P_a : Presión en el punto “a” (Pa)

ρ : Densidad del fluido (kg/m³)

h_f : Pérdidas de carga (m)

h_b : Altura desarrollada por la bomba (m)

v_b : Velocidad del fluido en el punto “b” (m/s)

Z_b : Altura en el punto “b” (m)

P_b : Presión en el punto “b” (Pa)

Puesto que las velocidades y presiones en cada extremo son las mismas dada la inexistencia de un sistema de impulsión, y que la presión en cada punto es igual a la atmosférica, la ecuación previa toma la siguiente forma:

$$h = Z_b - Z_a + h_f \quad (80)$$

De esta manera, se obtiene la pérdida de carga que debe sortear cada una de las bombas descritas anteriormente en los tramos correspondientes. Luego, resta calcular la potencia necesaria a través de la ecuación que sigue:

$$W = \frac{h \times \rho \times g \times Q}{\eta} \quad (81)$$

Donde:

W: Potencia de la bomba (w)

h: Altura de la bomba (m)

ρ : Densidad del agua (Kg/m³)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

Q: Caudal (m³/s)

η : Eficiencia de la bomba, 50%

Con los datos calculados se accedió a la página de la empresa GRUNDFOS, para determinar las bombas que mejor se ajusten a los requerimientos. El resultado de este apartado, se discrimina en la Tabla XLIV.

Tabla XLIV: Parámetros de diseño para las bombas

Parámetro	Unidad	Valor		
		Bomba 1	Bomba 2	Bomba 3
Altura perdida de carga	m	1,06E-01	9,40E-02	3,33E-02
Altura desarrollada	m	6,01	5	20
Caudal a transportar	m ³ /s	1,09E-03	1,31E-03	1,31E-03
Potencia requerida	W	128	128	512

En el caso de las bombas sumergibles (Bomba 1 y 2), se selecciona el modelo SLV.65.65.09.2.50B, cuya ficha técnica se presenta en el Anexo XIV. Para el caso de las bombas centrífugas, se opta por el modelo SEV.80.80.11.4.50D, que cuenta con las

especificaciones que se muestran en el ANEXO XIV. En el análisis también se consideró el aprovisionamiento del hipoclorito de sodio a la cámara de cloración, por lo cual se sumó una bomba dosificadora modelo DDI 222 60-10, cuya ficha técnica se presenta en el Anexo XIV.

5.3 Unidades accesorias

5.3.1 Casilla de sopladores

Se construirá un espacio destinado al resguardo de los sopladores que abastecen el aire hacia el tanque de equalización únicamente. Las paredes tendrán una membrana que actúe como barrera ante el ruido que generan los dispositivos, disminuyendo el impacto acústico en las inmediaciones. La edificación se ubicará lo más próxima a las unidades mencionadas anteriormente a los fines de reducir los metros de cañerías necesarios.

5.3.2 Depósito de residuos peligrosos

El almacenamiento transitorio de las bolsas que almacenan los lodos generados en el proceso biológico se hará en un recinto de residuos peligrosos. Dado que el depósito existente en el predio está alejado de la planta de tratamiento de efluentes, se prevé la compra de un recinto móvil que se observa en la fig. XLI, cuyas medidas son 2,70 L x 2,20 H x 2,41 Mts, el cual cumple con los requisitos que exige la Resolución 177/17. Como se comentó anteriormente, las bolsas seguirán transitando el proceso de secado, donde se generarán líquidos residuales. Estos módulos cuentan con bateas de contención instaladas por lo que recepcionarán los líquidos, para que luego sean succionados por un camión cisterna de la empresa operadora de los residuos. A su vez, son móviles, favoreciendo la flexibilidad en la operatoria.

De acuerdo a las exigencias de la Resolución 177/17, se separarán los residuos generados en función de sus corrientes dentro del recinto y se identificarán con la cartelería identificatoria.



Fig. XLI: Depósito transitorio de residuos peligrosos fabricado bajo los requisitos que exige la Resolución 177/17 - Ley N° 24.051. Fuente: Ecosan

5.4 Adicionales

5.4.1 Muestreos

Con el objetivo de minimizar los costos que implican la construcción de un espacio con los insumos y maquinaria necesarios así como también mano de obra calificada, se contratará un servicio periodico para la toma de muestra del efluente en los diferentes puntos que se indiquen y su posterior análisis que comprueben el funcionamiento del sistema de depuración.

5.4.2 Gestión de residuos peligrosos

El servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final estará a cargo de una empresa habilitada como operadora a nivel nacional, en el marco de la ley N° 24.051. La frecuencia de retiro será mensual, pudiendo ajustarse una vez que se dio inicio al tratamiento.

CAPÍTULO VI. Planos

En el presente capítulo, se exponen los planos referidos a la alternativa elegida de planta de tratamiento de efluentes, generados en el lavado de formaciones y piezas, cuyas dimensiones fueron debidamente detalladas en el capítulo anterior. Los planos ofrecen una visión global de la planta donde se representa la ubicación espacial de las unidades que la componen, sus dispositivos anexos (sopladores), y la conexión de las mismas a través de conducciones, accesorios (codos, tee, válvulas) y sistemas de bombeo. Cabe aclarar que estos últimos son de carácter ilustrativo, ya que podrían eventualmente sufrir modificaciones durante la etapa de construcción de la planta. También se identifican de manera simple, el tanque de almacenamiento de agua y la plataforma de lavado. Asimismo, se grafican las unidades individualmente, detallando sus medidas específicas. En el caso de la centrífuga y el sistema de bolsas filtrantes, no presentan plano individual, puesto que son adquiridos en formato “llave en mano” por un proveedor específico. Sin embargo, se plasman en el plano en planta y la vista lateral, para tener una noción de su ubicación y su dimensión respecto al resto de los componentes.

En términos generales, los planos aproximan al lector a la realidad, pero esta información deberá ser complementada con ingenieros civiles y arquitectos, quienes estarán a cargo de los cálculos y precisiones en términos de estructura de las unidades.

En el Anexo XXX se adjuntan los planos realizados, según el siguiente orden:

- *PLANO N° 1: Vista en planta de sistema de tratamientos de efluentes provenientes del lavado de formaciones férreas*
- *PLANO N° 2: Vista lateral - Gradiente hidráulico*
- *PLANO N° 3: Rejas efluente cloacal*
- *PLANO N° 4: Tamiz modelo TES-12-600*
- *PLANO N° 5: Rejas efluente industrial*
- *PLANO N° 6: Trampa de grasas y aceites*
- *PLANO N° 7: Tanque ecualizador*
- *PLANO N° 8: Separador de placas coalescentes*
- *PLANO N° 9: Pozos de bombeo*
- *PLANO N° 10: Módulo compacto: Lodos activos - Sedimentador secundario - Tanque cloración*

CAPÍTULO VII. Presupuesto económico

En este apartado se detallan los costos que implican tanto la construcción y puesta en marcha de la planta de tratamiento de efluentes, como también la operación y mantenimiento de la misma. Este es un elemento crítico a analizar dentro del proyecto, ya que determinará la viabilidad económica y la rentabilidad a lo largo del tiempo.

7.1 Inversión inicial

Como el título lo indica, esta suma de dinero está asociada a todas las aristas del proyecto, que implican una suma de capital, y están directamente relacionadas con la puesta en marcha del proyecto y a su vez, garantizan la disponibilidad de los recursos necesarios para comenzar con la operación de manera efectiva.

Dentro de este importe, se contabilizan los costos asociados a la preparación del espacio físico para la construcción de la obra, entre los que se destacan la excavación para el enterramiento de las unidades definidas, y la gestión mediante operador habilitado de los residuos generados; las construcción de las componentes físicas de la planta, y de las edificaciones anexas. También, se contemplaron los gastos administrativos asociados a las habilitaciones provinciales y nacionales de la obra, y los recursos humanos requeridos para las fases mencionadas, es decir, supervisores de obra, profesionales de seguridad e higiene que controlen el proceso y brindan las capacitaciones correspondientes al personal afectado, operarios, y profesionales técnicos, como ser, ingenieros y arquitectos.

Se incorporará al presupuesto un adicional bajo la concepción de AIU, un acrónimo que refiere a los conceptos “Administración, Imprevistos y Utilidad” y es determinante para respaldar los costos indirectos de las actividades celebradas dentro del contrato. El valor puede variar entre 15-35% sobre el neto del presupuesto, seleccionando para este caso un valor de 15%.

En la tabla XLV se desglosan todas las acciones, insumos y personal concernientes a la ejecución de la fase inicial de proyecto de referencia. La información recabada de equipos e instalaciones fue consultada en diversas páginas tanto de proveedores de origen nacional

como extranjero. En cuanto a los honorarios profesionales, se calcularon bajo las exigencias de la Ley N°7887/55 "Arancel de honorarios para la jurisdicción nacional". Cabe destacar que los precios descritos en el presupuesto, tienen un valor tomado al momento de la producción de este documento y tienen una vigencia de 30 días en adelante. En caso de exceder ese período se deberán actualizar los costos.

Tabla XLV: Detallado de inversión inicial en ARS para la construcción y puesta en marcha de la planta de tratamientos de efluentes industriales. Costo total de la inversión inicial en u\$D

Costos selección	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Incidencia
PRELIMINARES DE OBRA				5.355.657,37	4,41%
Limpieza inicial terreno; retiros grales.	m2	152,62	891,28	136.026,42	
Obrador, construcciones provisionas	m2	20,00	38.895,73	777.914,67	
Cerco de Obra	m	50,00	10.869,50	543.474,76	
Cartel de Obra	m2	150,00	24.961,14	3.744.171,43	
Nivelación y replanteo de obra	m2	150,00	1.027,13	154.070,10	
ESTRUCTURAS				95.402.039,98	78,61%
Pretratamiento				52.116.676,38	54,63%
Rejas Efluente cloacal				546.932,19	
Hormigón armado e=12cm terminación a la llana	m3	0,39	12.898,06	5.014,77	
Disposición de tierra contaminada	kg	0,70	439,00	307,23	
Zapata corrida muros H° cascootes	m3	0,39	55.651,01	21.637,11	
Zapata corrida muros H°A°	m3	0,39	89.528,16	34.808,55	
Bases H°A° - H21/50kg	m3	0,39	117.578,96	45.714,70	
Columnas H°A° - H21/90kg	m3	0,39	199.905,40	77.723,22	
Vigas H°A° - H21/120kg	m3	0,39	258.030,95	100.322,43	
Encadenado H°A° - H21/65kg	m3	0,39	173.333,38	67.392,02	
Losa H°A° macizas H21/60kg	m3	0,39	180.072,44	70.012,16	
Rejas de 6 barillas y canasta	un	1,00	124.000,00	124.000,00	
Tamiz				1.779.203,17	
Hormigón armado e=12cm terminación a la llana	m3	0,64	12.898,06	8.203,17	
Tamiz estático AQUAENERGY SOLUCIONES TÉCNICAS	un	1,00	1.771.000,00	1.771.000,00	
Rejas Efluente industrial				1.526.269,25	
Movimiento de tierra (Suelo limoso densidad: 1,45 kg/l) - Exi	m3	1,30	7.107,38	9.211,16	
Disposición de tierra contaminada	kg	2,33	439,00	1.024,10	
Zapata corrida muros H° cascootes	m3	1,30	55.651,01	72.123,71	
Zapata corrida muros H°A°	m3	1,30	89.528,16	116.028,49	
Bases H°A° - H21/50kg	m3	1,30	117.578,96	152.382,33	
Columnas H°A° - H21/90kg	m3	1,30	199.905,40	259.077,40	
Vigas H°A° - H21/120kg	m3	1,30	258.030,95	334.408,11	
Encadenado H°A° - H21/65kg	m3	1,30	173.333,38	224.640,06	
Losa H°A° macizas H21/60kg	m3	1,30	180.072,44	233.373,88	
Rejas de 7 barillas y canasta	un	1,00	124.000,00	124.000,00	

Tanque homogeneización				48.114.271,77	
Movimiento de tierra (Suelo limoso densidad: 1,45 kg/l) - t	m3	652,13	7.107,38	4.634.945,67	
Disposición de tierra contaminada	kg	1.173,84	439,00	515.314,23	
Zapata corrida muros H° cascotes	m3	40,00	55.651,01	2.226.040,38	
Zapata corrida muros H°A°	m3	40,00	89.528,16	3.581.126,36	
Bases H°A° -H21/50kg	m3	40,00	117.578,96	4.703.158,36	
Columnas H°A° - H21/90kg	m3	40,00	199.905,40	7.996.216,11	
Vigas H°A° - H21/120kg	m3	40,00	258.030,95	10.321.238,02	
Encadenado H°A° - H21/65kg	m3	40,00	173.333,38	6.933.335,12	
Losa H°A° macizas H21/60kg	m3	40,00	180.072,44	7.202.897,52	
Trampa de aceites y grasas				150.000,00	
Acondicionamiento			150.000,00	150.000,00	
TRATAMIENTO PRIMARIO				5.551.594,40	5,82%
CPI				5.551.594,40	
Tanque		1,00	5.500.000,00	5.500.000,00	
Hormigón armado e=12cm terminación a la llana	m2	4,00	12.898,60	51.594,40	
Tratamiento secundario + desinfección				35.206.377,60	36,90%
Sistema modular				35.000.000,00	
Hormigón armado e=12cm terminación a la llana	m2	16,00	12.898,80	208.377,60	
TRATAMIENTO DE LODOS				2.177.391,60	2,28%
Bolsas filtrantes				528.695,80	
ESTRUCTURAS				490.000,00	
Hormigón armado e=12cm terminación a la llana	m2	3,00	12.898,60	38.695,80	
Centrifuga				1.648.695,80	
ESTRUCTURAS				1.610.000,00	
Hormigón armado e=12cm terminación a la llana	m2	3,00	12.898,60	38.695,80	
ALMACENAMIENTO FINAL				350.000,00	0,37%
Tanque cisterna				350.000,00	
Acondicionamiento		1,00	300.000,00	300.000,00	
Seguro trabajo en altura		1,00	50.000,00	50.000,00	
Equipamiento para unidades de tratamiento				8.304.950,00	6,84%
Difusores de burbuja gruesa REPICKY	un	31,00	17.200,00	533.200,00	
Difusores de burbuja fina REPICKY	un	11,00	13.450,00	147.950,00	
Soplador REPICKY R1.5 2250 rpm 28,3HP	un	2,00	430.000,00	860.000,00	
Soplador REPICKY MODELO R300 RPM 1450 1,9HP	un	2,00	320.400,00	640.800,00	
Bomba sumergible SL1.80.100 .15 4.50D C Grundfos	un	4,00	1.068.000,00	4.272.000,00	
Bomba centrifuga SEV.80.80.11.4.50D Grundfos	un	2,00	800.500,00	1.601.000,00	
Dosificador de cloro	un	1,00	250.000,00	250.000,00	
Accesorios				4.458.212,00	3,67%
Cañerías PVC DN 110mm	m	59,00	3.153,00	186.027,00	
Cañerías PVC DN 63mm	m	32,00	2.150,00	68.800,00	
Cañerías PVC DN 50mm	m	11,00	1.970,00	21.670,00	
Cañerías PVC DN 40mm	m	24,00	1.560,00	37.440,00	
Cañerías PVC DN 20mm	m	32,00	1.320,00	42.240,00	
Codo 90°	un	45,00	1.563,00	70.335,00	
Valvula mariposa	un	10,00	2.250,00	22.500,00	
Tubo TEE	un	5,00	1.840,00	9.200,00	
Recinto móvil de almacenamiento de residuos peligrosos Gf	un	1,00	4.000.000,00	4.000.000,00	

Instalaciones de servicios				985.000,00	0,81%
Porvisión y montaje de instalación eléctrica			985.000,00	985.000,00	
Honorarios				4.750.000,00	3,91%
Habilitaciones en entes provinciales y nacionales		1,00	1.500.000,00	1.500.000,00	
Supervisor de obra	mes	5,00	350.000,00	1.750.000,00	
Profesional de seguridad e higiene	mes	5,00	300.000,00	1.500.000,00	
Adicionales				1.331.750,00	1,10%
Muestreo de agua	un	15,00	30.000,00	450.000,00	
Muestreo de suelo	un	15,00	35.450,00	531.750,00	
Alquiler temporal de obrador	mes	5,00	70.000,00	350.000,00	
Puesta en marcha				780.000,00	0,64%
Activación de planta y revisión			780.000,00	780.000,00	
Costo total neto				ARS 121.381.742,73	uSd 173.402,49
Costo total (+AIU 15%)				ARS 139.589.004,13	uSd 199.412,86

Previsiblemente, la mayor incidencia sobre el resultado final está relacionada a la construcción de las estructuras de la planta de tratamiento, primordialmente, aquellas correspondientes a la fase de pretratamiento. Esta información es consistente con lo comentado en apartados anteriores, teniendo en cuenta que la tierra removida durante la excavación para el entierro de algunas unidades, se encuentra parcial o totalmente contaminada por lo que obliga su disposición bajo el concepto de residuo peligroso, aumentando considerablemente el costo. En segunda instancia, se posiciona con un porcentaje no menor, el sistema modular de tratamiento secundario- terciario, que implica un diseño personalizado de acero galvanizado.

En términos globales, también cobra relevancia, aunque con un porcentaje menor respecto al ítem explicado anteriormente, el equipamiento para las diferentes unidades, entre los que se distinguen aireadores, sopladores y bombas.

Finalmente, la inversión que se precisa para el proyecto de tratamiento de efluente generado en el lavado de vehículos férreos y accesorios, y su aprovechamiento es de ARS PESOS CIENTO TREINTA Y NUEVE MIL MILLONES, QUINIENTOS SETENTA Y DOS MIL SETECIENTOS CINCUENTA CON SETENTA Y CINCO CENTAVOS (\$139.572.750,75) o USD 199.412,86.

7.2 Operación y mantenimiento

Esta sección involucra los costos necesarios para asegurar la continuidad del tratamiento a lo largo del tiempo, dentro de los que se contempla: los insumos para determinadas etapas del tratamiento; los salarios pertinentes al personal especializado que estará a cargo de mantener las condiciones óptimas; los gastos energéticos, administrativos y aquellos asociados a la disposición de los lodos generados durante el proceso. También, se reservará un porcentaje para eventualidades.

7.2.1 Costo eléctrico

La importancia de este aspecto, se basa en la necesidad de garantizar un suministro constante de la energía requerida por múltiples equipos dentro de la planta. Se aproxima el cálculo por medio de la potencia necesaria por cada equipo del sistema. Cabe aclarar que no se contempló en el cómputo las necesidades de los equipos que permanecerán como reserva. En el ANEXO XV se discriminan las unidades que funcionan a base de energía, y se estipulan los consumos mensuales en términos de kW.

Acorde a la jurisdicción, se determinó que la empresa encargada de suministrar el recurso es EDESUR. Se accedió al cuadro tarifario de la misma y se resolvió que el predio se encuadra en la categoría 3. El valor mensual se compone de un cargo fijo y uno variable. Este último es la sumatoria del cargo pico, referente a las horas donde el sistema consume mayor energía, asumiendo 7hs; cargo valle, con menor consumo tomando las horas nocturnas; y cargo restante, el resto de las horas que no corresponden a ninguna categoría. Los cálculos de consumo mensual se detallan en la tabla XLVI.

Tabla XLVI: Consumo eléctrico mensual (ARS) de la planta de tratamiento de efluentes

Concepto	Unidad	Costo unitario	Costo mensual
Cargo fijo	\$/mes	\$21.063,35	\$21.063,35
Cargo fijo por potencia contratada	\$/KW-mes	\$1.455,49	\$436.647,00
Cargo fijo por potencia adquirida	\$/Kw-mes	\$62,43	\$18.729,00
Carga variable Pico	\$/KWh	\$18,54	\$74.075,29
Carga variable Resto	\$/KWh	\$18,47	\$177.128,71
Carga variable Valle	\$/KWh	\$18,41	\$102.961,54
Total x mes			\$830.604,89

7.2.2 Insumos

Se prevé únicamente la utilización de hipoclorito de sodio para el tanque de cloración en términos de insumos químicos. A su vez, se contabiliza el recambio de bolsas filtrantes y las placas requeridas para el CPI. De igual manera, se adiciona una suma mensual ante la necesidad de comprar otro insumo, como ser nutrientes para el reactor de lodos biológicos (Nitrógeno y Fósforo), anticoagulantes u otro que se requiera. En la tabla XLVII, se expresan los valores.

Tabla XLVII: Costos en ARS de los insumos químicos requeridos para el funcionamiento de la planta.

Costos selección	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Hipoclorito de sodio	L/mes	180	\$1.500,00	\$270.000,00
Bolsas filtrantes	un	20	\$4.900,00	\$98.000,00
Placas coalescentes (2 un/año)	paquete	2	\$350.000,00	\$58.333,33
Otros insumos	L/mes	1	\$100.000,00	\$100.000,00
Total x mes				\$370.000,00

7.2.3 Mano de obra

Se contempla un operario que esté a cargo de la operación y mantenimiento de la planta en planta permanente. Por otro lado, se contempla una persona externa que inspeccione el funcionamiento de la planta para tomar decisiones e indicar al operario como proceder. Esta persona también realizará toda documentación para presentar en los organismos jurisdiccionales. Dado que estas tareas deben llevarse a cabo por un profesional, se contratará los servicios de un Ingeniero Ambiental, con frecuencia trimestral, por lo que se estima un valor mensual para el cómputo. En la tabla XLVIII se imputan los costos de mano de obra.

Tabla XLVIII: Costos (ARS) de los insumos químicos requeridos para el funcionamiento de la planta.

Costos selección	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Operario	Empleado	1	\$300.000,00	\$300.000,00
Ingeniero ambiental	Empleado	1	\$150.000,00	\$150.000,00
Total x mes				\$450.000,00
*Obs: El valor del ingeniero resulta menor porque sus servicios serán contratados trimestralmente, por lo que se fraccionó el costo por mes para obtener mismas unidades				

7.2.4 Gestión de lodos

Inicialmente, se integrarán estos gastos al cómputo mensual, pero deberá reverse luego de realizar los muestreos y análisis correspondientes, mencionados en en el apartado 3.7 Tratamiento de lodos. Se apunta al aprovechamiento de los lodos biológicos para otros fines.

Se generan dos tipos de lodos, primarios y biológicos. Se presume que aquellos procedentes del tratamiento secundario, en caso de no poder reutilizarse, se tratarán como residuos comunes ya que no presentan contaminantes peligrosos. Sin embargo, en esta primera aproximación de los costos se decide agrupar el total de los lodos bajo la corriente Y18/Y8 del Anexo I - Ley N° 24.051, referido a los lodos con predominancia de compuestos oleaginosos. Respecto a los lodos biológicos, se acumularán en bolsas filtrantes. En la tabla XLIX, se refleja el volumen generado de lodos y el costo de retiro, transporte, tratamiento y

disposición final por la empresa habilitada para tal fin. Se contratará un servicio mensual de gestión de lodos.

Tabla XLIX: Costos (ARS) asociados a la gestión correcta de lodos producidos en la planta de tratamiento de efluentes

Corriente de residuos	Generación (m3/mes)	Costo/kg		Costo mensual
		Disposición	Transporte	
Y18/Y9	54,57	\$439,00	\$25.000,00	\$1.388.260,44
Total x mes				\$1.388.260,44

7.2.5 Muestreos

A los fines de corroborar que el efluente cumpla con los valores límites, exigidos por la normativa vigente, se harán muestreos periódicos desde la cámara de registro del efluente tratado. También, se tomarán muestras del efluente crudo al comienzo del sistema, para identificar eventuales cambios en los parámetros registrados, para poder tomar acción inmediata. Aprovechando la existencia de freatímetros en las inmediaciones, se contempla una muestra esporádica para detectar posibles infiltraciones, fundamentalmente de las unidades enterradas. Con el mismo criterio, se analizarán muestras de suelo a nivel de superficie. En la tabla L se explicitan los costos asociados a este ítem. Los primeros meses, se realizarán muestreos periódicos para llevar un control efectivo, pero se espera que al año, se reduzcan considerablemente estos muestreos.

Tabla L: Costos (ARS) de muestras de agua y suelo mensuales

Tipo de muestra	Unidad	Cantidad/ mes	Costo unitario	Costo mensual
Suelo	Un	5	\$35.450,00	\$177.250,00
Agua	Un	10	\$30.000,00	\$300.000,00
Total x mes				\$477.250,00

A modo de resumen, en la Tabla LI se muestra el costo mensual, tanto en pesos argentinos como en dólares, que implica el funcionamiento de la planta. Adicionalmente, se consideró un margen del 15% del total, para costos indirectos, como ser, trámites administrativos y legales; o potenciales contingencias.

Tabla LI: Costos (ARS y USD) de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de efluentes

Item	Costo mensual (\$)	Costo mensual (u\$d)
Servicio eléctrico	\$830.604,89	u\$d 2.442,96
Gestión de lodos	\$1.451.084,86	u\$d 2.072,98
Mano de obra	\$500.000,00	u\$d 714,29
Muestreos	\$477.250,00	u\$d 681,79
Insumos químicos	\$526.333,33	u\$d 751,90
Adicional (+30%)	\$1.135.581,92	u\$d 1.622,26
Total x mes	\$4.920.855,00	u\$d 7.029,79

7.3 Costo total

En suma, el costo de inversión de la planta de tratamiento de efluentes cuya capacidad es de 130m³/d es de ARS \$139.572.750,75 (USD 199.412,86), con un costo de operación y mantenimiento mensual de ARS \$4.839.004,21 (USD 7.047,13). El costo mensual por m³ de efluente es de ARS \$1565,47 (USD 2,28).

7.4 Retorno de inversión

La inversión inicial estará solventada por la empresa, ya que cuenta con estructura económica suficiente para afrontar los gastos iniciales que requieren la ejecución de la planta de tratamiento de efluentes.

Se estima que la aplicación del sistema de depuración del efluente y reuso del agua depurada, reduzca en un 80% el consumo de agua potable semanal, según se analizó el

Capítulo 4- Aprovechamiento de agua - Alternativa elegida, es decir 2.800 m³ mensuales aproximadamente. Según AYSA, el precio de 1m³ de agua a la fecha es de USD 0,31. Multiplicando este valor por el volumen que se ahorra por mes, se obtiene un total de USD 875 que se reducirían del gasto mensual. Si además le agregamos la disminución de gasto que significa destinar los efluentes de baños y vestuarios a la red cloacal, que según AYSA es de USD 0,31xm³ de efluente, obtenemos un ahorro adicional de USD 143 mensuales. Por ende, el costo de operación y mantenimiento mensual se reduciría a USD 6.011,79.

CAPÍTULO VIII. Evaluación de impacto ambiental

8.1 Introducción

El presente capítulo está orientado al desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), cuyo propósito es garantizar una adecuada instalación y ejecución efectiva de la planta de tratamiento de efluentes, en adelante PTE, para un predio ferroviario ubicado en la zona de Remedios de Escalada, Partido de Lanús. Esto se logra mediante la implementación de medidas de gestión (prevención, control y mitigación) que minimicen al máximo los impactos ambientales y sociales negativos, al mismo tiempo que se busca maximizar los beneficios derivados de la ejecución del proyecto.

En este contexto, y como parte además del cumplimiento de la legislación aplicable, permitirá determinar la aptitud ambiental que convoca el uso del predio seleccionado para la construcción de la planta de tratamiento de efluentes.

8.2 Metodología

La redacción de la Evaluación de Impacto Ambiental se llevó a cabo a partir de la metodología que a continuación se detalla:

- En primer lugar, se procede a la recopilación de información y a un análisis de los antecedentes del lugar donde se emplaza el proyecto. Esta búsqueda incluye bibliografía, tanto científica como de divulgación, mapas, planos, imágenes satelitales, estudios ambientales realizados en la zona, entre otros.
- Complementando lo anterior, se realiza un relevamiento de la zona del proyecto y, de acuerdo con los datos obtenidos y la información recopilada, se desarrolla la descripción del medio Físico, Biológico y Socioeconómico del entorno del proyecto y se define el área de influencia directa e indirecta, conformando la línea de base del proyecto.

- Una vez hecho el análisis y la descripción, se identifican y analizan los potenciales impactos ambientales positivos y negativos previstos en las diferentes etapas del proyecto. Se confeccionó una Matriz de Impacto Ambiental a partir de la metodología presentada por Vicente Conesa Fernández - Vítora (1997), donde se consideraron los distintos componentes ambientales y las principales acciones del proyecto.
- Como resultado, se elabora el Plan de Gestión Ambiental (PGA) a partir de los posibles impactos ambientales negativos y positivos que fueron identificados y evaluados. En dicho plan se definen las medidas de protección ambiental con el fin de resguardar la calidad ambiental del área del proyecto.
- Finalmente, se detallan las conclusiones, que implican una evaluación general del proyecto.

8.3 Marco legal, institucional y político

El Estudio de Impacto Ambiental y su respectivo Plan de Gestión Ambiental, derivado de la etapas involucradas en el proyecto, se elabora conforme a la legislación ambiental vigente a nivel nacional y provincial que se listan a continuación:

8.3.1 Legislación Nacional

- Constitución Nacional: Art. N° 41, N° 43 y N° 124
- Ley N° 25.675 General del Ambiente
- Ley N° 24.051 Residuos Peligrosos. Decreto Reglamentario N° 831/93
- Ley N° 25.612 Gestión Integral de los Residuos Industriales y Actividades de Servicios
- Ley N° 25.916 Gestión de Residuos Domiciliarios
- Ley N° 25.831 Régimen libre Acceso a la Información Pública Ambiental
- Ley N° 25.688 Régimen de Gestión Ambiental de Aguas
- Ley N° 19587 Higiene y Seguridad Ocupacional. Dec. Regl. N°351/7
- Ley N° 20.284 Preservación del recurso aire
- Ley N° 22.421 Protección de Fauna Silvestre
- Ley N° 24.375 Flora y fauna
- Ley N° 24.557 Ley de Riesgos del Trabajo. Decreto Reglamentario N° 170/95

- Ley N° 25.743 Patrimonio Paleontológico y Arqueológico
- Ley 20284 – Plan de Prevención de Situaciones Críticas de Contaminación Atmosférica
- Decreto PEN Nro. 674/89 – Protección de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos
- Res. 97/01 Reglamento para el manejo sustentable de barros generados en plantas de tratamiento de efluentes líquidos

8.3.2 Regulaciones Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo

La Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR), fue creada por la Ley N° 26.168 como ente de derecho público interjurisdiccional en el ámbito de la máxima autoridad ambiental, sede de la Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, en el mes de Diciembre de 2006. Entre sus principales directivas relacionadas al proyecto cabe señalar:

- Resolución ACUMAR N° 001/2007 que unifica y crea la Tabla Consolidada de Límites Admisibles para descargas de Efluentes Líquidos.
- Resolución N° 002/2007 que aprueba la Tabla de Parámetros para medición de Calidad del Aire, en forma unificada entre las jurisdicciones intervinientes.

8.3.3 Legislación Provincial

- Constitución de la Provincia de Buenos Aires: Art. N° 28 y Art. N° 38
- Ley N° 11.723 - Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales
- Ley N° 11.720 - Residuos especiales. Decreto reglamentario N° 806/97
- Ley 12.257- Código de Aguas
- Ley N° 5965 - Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera
- Disp. 1592/94 - Estudios De Evaluación De Impacto Ambiental – Industria
- Res. 336/03 - Parámetros de vuelco admisibles

8.3.4 Entidades consultadas

- Municipalidad de Lanús

- Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires (MAPB)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (MAyDS)
- Ministerio de Transporte de la Nación
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de la Nación
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC)
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN)
- Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- Sistema de Información Ambiental Nacional
- Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR)
- Fundación Observatorio Pyme

8.4 Descripción general

El proyecto de referencia se basa en la construcción, puesta en marcha y operación de una planta de tratamientos de efluentes, en un predio ferroviario que se aboca a tareas de reparación, mantenimiento y alistamiento de maquinaria férrea de la línea General Roca. El predio se ubica en la zona de Remedios de Escalada, partido de Lanús, Provincia de Buenos Aires y cuenta con una área de 18 hectáreas con permanencia de gran cantidad de edificios operativos y en estado de abandono, donde trabajan 400 empleados diariamente, incluyendo operarios, técnicos, supervisores, administrativos y gerenciales.

El objetivo del proyecto es desarrollar un sistema de tratamiento eficiente, que permita tratar el agua residual proveniente de las actividades de lavado de carrocería y partes bajas de los vehículos, así como también, las procedentes de los sanitarios del predio, para poder reutilizarla y de esta manera, reducir la huella de carbono, en el marco de las regulaciones ambientales vigentes. Precautoriamente, se coloca una salida del efluente tratado hacia el conducto pluvial, para los casos eventuales que provocan una sobrecarga del almacenamiento del líquido y deban ser evacuados. El dimensionamiento fue previsto para un caudal cloacal medio de 19m³/día e industrial medio de 93 m³/día. La planta contempla una cierta cantidad de

unidades estructurales que garantizan el cumplimiento de los límites de vuelco exigidos por la normativa para determinados parámetros, entre ellas:

- Sistema de rejas
- Tamiz
- Trampa de grasas
- Tanque de homogeneización
- Separador de placas coalescentes
- Unidad compacta: Lodos activos + Sedimentador secundario + Desinfección
- Filtro
- Tanque de almacenamiento de agua
- Bolsas filtrantes
- Centrifuga de 3 fases
- Unidades complementarias: Sala de sopladores, recinto de residuos peligrosos, bombas y sistema de conducción

El capítulo III - "Preselección de alternativas", será el indicado para conocer el detalle de las unidades. Cabe mencionar que el tanque de grasas y el de reservorio de agua son unidades existentes en el predio, pero serán intervenidas para ensamblarlas al proyecto. El área requerida para la implantación del sistema es de 300 m².

8.4.1 Localización

El proyecto tendrá lugar dentro del predio ferroviario de Remedios de Escalada, que se ubica en las cercanías a la estación homónima de la línea General Roca. En la Tabla LII se indica la ubicación exacta.

Tabla LII: Coordenadas geográficas del sitio de implantación del proyecto

Coordenadas del sitio	
Latitud	Longitud
34°43'42.94"S	58°23'33.70"O

8.4.2 Área de influencia

En este apartado se delimitan las áreas de influencia, es decir, las zonas geográficas que pueden verse afectadas directa o indirectamente por los potenciales impactos ambientales, sociales y económicos concernientes a las diferentes etapas del proyecto (Fig. XLII).

8.4.2.1 Área de influencia directa (AID)

Se define como el espacio físico donde la probabilidad de ocurrencia de impactos ambientales, tanto positiva como negativa, es máxima debido a las diferentes etapas del proyecto (Construcción, Operación y Mantenimiento). Se estableció como margen un radio de 150 m., tomando como punto central la implantación de la planta.

8.4.2.2 Área de influencia indirecta (AII)

Es el territorio que abarca todas las zonas vinculadas con el proyecto, las cuales en forma indirecta pueden verse beneficiadas o perjudicadas por el desarrollo de las distintas etapas del mismo, o bien, en la que tendrán lugar impactos debidos a actividades que no dependen directamente del proyecto, pero cuyo desarrollo u ocurrencia, se debe a su implementación y se relacionan con un futuro impacto inducido por este. Dadas las características del proyecto, se adopta una superficie de 1 km tomando como punto central la PTE.

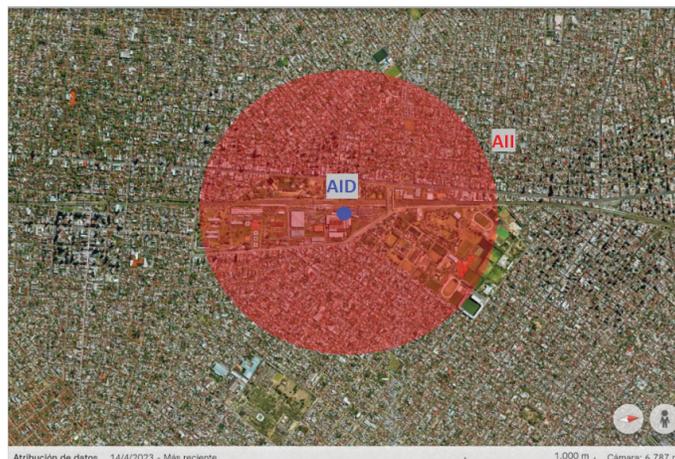


Fig. XLII: Áreas de influencia directa e indirecta del proyecto

8.4.3 Etapas del proyecto

Se considerarán dos etapas: construcción y operación. Al ser una empresa del estado, luego de generar el pliego de especificaciones técnicas para la obra de referencia, comienza un proceso licitatorio que incluye el llamado a los oferentes a presentar las propuestas, elección de la empresa que ejecutará la obra, firma del contrato y habilitación para inicio del servicio, cuyos plazos pueden demorar varios meses. Sin embargo, se descarta esta etapa del presente estudio.

A continuación, se describen las acciones que componen a cada una de las etapas:

Tabla LIII: Acciones que componen a cada una de las etapas del proyecto de puesta en marcha de una planta de tratamiento de efluentes

Etapa	Acciones impactantes
Construcción	Limpieza, desmonte y nivelación del terreno
	Montaje y funcionamiento de obrador
	Excavación y movimiento de tierras
	Instalación de red y estructura de servicios
	Movimiento de maquinaria pesada y herramientas
	Obra civil y montaje de planta de tratamiento de efluentes y edificios anexos
	Desmontaje de instalaciones temporales y limpieza final del sitio de obra
	Generación y gestión de residuos sólidos y líquidos
Operación y mantenimiento	Operación de la planta de tratamiento de efluentes
	Tránsito vehicular
	Mantenimiento y limpieza de instalaciones
	Generación y gestión de residuos
	Demanda de insumos, bienes y servicios

8.5 Línea de base ambiental

Esta sección incluye la descripción y diagnóstico de las condiciones socioambientales iniciales del área de estudio, a partir de la recopilación de datos antecedentes, y de información actualizada. Se caracterizará detalladamente la zona de influencia a través de sus componentes físicos, bióticos y socioeconómicos.

8.5.1 Medio físico

8.5.1.1 Geología

En este ítem se presenta una descripción de la estratigrafía regional, analizando el comportamiento hidrogeológico de cada unidad geológica, comenzando con las capas superficiales modernas y continuando con las más antiguas al aumentar la profundidad. Las unidades geológicas presentan una marcada continuidad y extensión areal. Sólo los depósitos modernos y recientes de origen fluvial, marino y eólico, se limitan a ámbitos reducidos específicos.

“Pospampeano” (Pleistoceno Superior - Holoceno): Se denomina así a un conjunto de sedimentos limo-arcillo-arenosos, poco permeables, de diversos orígenes: estuárico, lacustre y fluvial, relacionados entre sí en forma compleja pero con una característica en común: se depositaron posteriormente por encima del “Pampeano”. El Pospampeano se encuentra muy próxima al área de influencia directa del emplazamiento. Esta unidad presenta una distribución aérea discontinua y suele cubrir al Pampeano en zonas topográficas bajas como valles de ríos y arroyos y en la terraza baja. Sus afloramientos son extensos y continuos en la planicie de inundación del río Matanzas – Riachuelo y especialmente en las zonas relativamente bajas y muy planas de Ing. Budge, Lanús, Villa Industriales, Valentín Alsina, Monte Chingolo y Avellaneda. Su espesor adquiere importancia hacia la planicie costera del Río de la Plata.

“Pampeano” (Pleistoceno Medio - Superior): En los interfluvios y sitios topográficamente más altos, esta unidad se encuentra inmediatamente por debajo de la cubierta edáfica, mientras que generalmente subyace al Pospampeano en los ambientes bajos. El Pampeano

está compuesto principalmente por limo arenoso de origen eólico (“loess pampeano”) con abundante vidrio volcánico y carbonato de calcio distribuido homogéneamente o en forma granular, concrecional o laminar, y minoritariamente por sedimentos finos de origen fluvial. En extensión es continuo y su espesor varía entre los 15 y 50 m, en coincidencia con la profundidad del techo de las Arenas Puelches. Desde el punto de vista hidrogeológico es de destacar que presenta carácter acuífero, con intercalaciones de tipo acuitardo, y principalmente constituye el acuífero libre o freático. La permeabilidad varía entre 1 y 5 m/día, con una productividad que puede alcanzar a 30 m³/h por pozo. La base de los sedimentos Pampeanos generalmente está integrada por un estrato limo – arcilloso, de unos 5 – 6 metros de espesor, que se comporta como un acuitardo y lo separa de las Arenas Puelches. A los Sedimentos Pampeanos se los conoce con el nombre de “Acuífero Pampeano o Epipuelche”. Posee una recarga regional de origen meteórico y es el único medio de recarga del Acuífero Puelche, mediante el proceso de filtración vertical descendente a través del acuitardo.

“Arenas Puelches” (Plio - Pleistoceno): Es el principal acuífero de la región comprendida por el Noreste de la Provincia de Buenos Aires y el Sur de la Provincia de Santa Fe, en el que la recarga ocurre de manera areal, indirectamente a través del acuífero freático. Están integradas por una secuencia de arenas cuarzosas, de origen fluvial, finas y medianas, sueltas, de color pardo amarillento a blanquecino. Hacia los niveles superiores predominan los limos de color ocre, con abundantes laminillas de mica. El tamaño de grano generalmente aumenta con la profundidad. Se extienden en la región en forma relativamente continua. Su espesor es variable entre aproximadamente, los 15 y 40 m, y en la zona de emplazamiento está en el orden de los 15 - 20 metros, con un espesor de arenas del 50% al 75%.

“Formación Paraná” (Mioceno Superior): Esta unidad es de origen marino y en la parte superior está integrada por un paquete de 15 a 30 m de espesor de sedimentos arcillosos, de color verde azulado, conocido como “Arcilla Azul”. La Formación Paraná es continua horizontalmente y, a escala regional, tiene un espesor total de unos 200 m. En la parte superior se comporta como un acuífero, por su granulometría arcillosa, y en la parte inferior como un acuífero, ya que predominan las arenas.

8.5.1.1.1 Geomorfología

La información de este apartado se recabo de diferentes fuentes, entre las que se destaca el organismo ACUMAR. El paisaje llano de la región, conocida como Pampa Ondulada, se encuentra modelado por valles de ríos y arroyos, donde los cursos de agua principales escurren hacia el noreste y desaguan en el sistema hidrográfico Paraná - de la Plata.

La planicie costera del Río de la Plata (terrazza baja) se extiende a unos 8,5 km al noreste del área de emplazamiento, como una faja paralela al río según el rumbo NO-SE y es una zona anegadiza, relativamente baja, extremadamente plana.

El paisaje de la región está modelado por la erosión fluvial y, en general, las diferencias de altura entre las divisorias de aguas y los ejes de valle no superan los 20 metros. De acuerdo con lo expuesto, las unidades geomorfológicas están representadas por las cuencas de drenaje, las que se pueden dividir en unidades de menor jerarquía.

El curso de agua principal de la zona es el río Matanzas - Riachuelo, que presenta tramos canalizados y rectificadas. En la parte inferior de la cuenca, cerca de la boca del Riachuelo, el drenaje se ha modificado artificialmente mediante la derivación al Río de la Plata de las cuencas de los arroyos de las Perdices y de las Piedras a través de los canales Sarandí y Santo Domingo, para acelerar el escurrimiento y mitigar los anegamientos del sector.

El río Matanzas – Riachuelo tiene una amplia planicie de inundación que, en el área de influencia del emplazamiento, se extiende por la margen derecha unos 5 km hasta la laguna Santa Catalina, alcanzando aproximadamente la cota de 5 metros.

La urbanización ha alterado la red de drenaje original con la canalización de los cursos de agua. Hay una densa red de pequeños canales que coadyuvan el drenaje de la zona situada entre Santa Catalina y Puente de la Noria.

El arroyo Santa Catalina se desarrolla con rumbo SE-NO como un conducto entubado a unos 6 km al SO del predio. A unos 1750 metros al SO del predio se ubica el conducto entubado del arroyo Unamuno, con rumbo SE-NO. También con rumbo SE-NO se desarrollan los desagües pluviales de la cuenca Olazábal por Marco Avellaneda y calle Don Orión.

El área de emplazamiento se ubica en un sector muy llano, con pendientes extremadamente suaves hacia el oeste, casi nulas y con un bajo grado de integración del drenaje, que se acelera artificialmente por conductos de desagüe. El riesgo de inundaciones de la zona es muy bajo, al ubicarse en un sector con desagüe lento y muy próximo a la planicie de inundación del río Matanzas.

8.5.1.1.2 Muestreos de suelo

La empresa H&S Estudio Técnico realizó, en el año 2020, un informe denominado “Pasivos ambientales generados en la actividad ferroviaria - Taller Remedios de Escalada”, con motivo de evaluar los impactos ambientales presentes en el predio, sustentado con muestreos de suelo in situ, a nivel de superficie, a 50 cm y a un metro de profundidad. Estas muestras fueron posteriormente analizadas por método EPA para evaluar el grado de contaminación, a través de la comparativa de resultados con la ley Nacional 24.051 y su Decreto 831/93, Anexo II, Tabla 9 “NIVELES GUÍA DE CALIDAD DE SUELOS”. A modo informativo, en el Anexo XVII se presenta la imagen del predio, ubicando los sitios donde se realizaron los trabajos. Se evaluaron diferentes componentes, pero los más preocupantes se detallan a continuación:

- Hidrocarburos totales: Valores entre 200-2500 mg/kg. Según H&S Estudio Técnico (2020), de los resultados se puede apreciar que las muestras no superan el límite de la norma de referencia (5000 mg/Kg). Más allá de ello, es de destacar que es notoria la cantidad elevada de hidrocarburos en los sectores destinados al lavadero y al depósito y despacho de combustible respecto del resto los cuales presentan además presencia en las dos profundidades, por lo que se sugiere efectuar una excavación más profunda para investigar la presencia de algún depósito subterráneo de hidrocarburos.
- Plomo: Valores límites registrados: 151 mg/kg. Si bien se detectó la presencia de este compuesto, las mismas no sobrepasan el valor de 1000 mg/Kg, concentración determinada por la normativa Argentina. No obstante esto se evidenció también la presencia de restos de este metal en casi la totalidad del predio (H&S Estudio Técnico, 2020). Esto puede deberse a una mala manipulación de baterías plomo/ácidas.

8.5.1.2 Hidrogeología

El reconocimiento y caracterización de las secuencias litológicas y sedimentarias, asociados a las propiedades hidrofísicas de las mismas, lleva a distinguir unidades con caracteres hidrogeológicos acuíferos (que reciben, alojan y transmiten agua), acuitardos (que transmiten escasa agua bajo condiciones hidráulicas especiales), acuícludos (que alojan agua pero no la transmiten) y acuífugos (que no alojan ni transmiten agua). La disposición vertical de estas propiedades determina la columna hidroestratigráfica regional.

Los sedimentos del Pampeano, con unos 30 - 32 metros de espesor en el área de emplazamiento, están integrados por limos arcillo-arenosos, de tipo loessoides, de color castaño rojizo, con niveles más duros en forma de bancos y concreciones nodulares de "tosca" (CO₃Ca); los que constituyen una sección hidroestratigráfica con intercalaciones acuíferas y acuitardas. Hacia la base, aumenta la proporción de arcilla, con un nivel acuitardo de unos 5 - 6 metros de espesor que actúa como capa semiconfinante del Acuífero Puelche (Speziale et al, 2018).

El Acuífero Puelche está integrado por arenas finas a medianas, de grano suelto, bien seleccionadas, cuarzosas, pardo amarillentas a blanquecinas, con algo de limo arcilloso en el techo. Esta unidad presenta una secuencia grano decreciente, es decir que desde la base hacia el techo disminuye el tamaño de grano.

La parte superior de la Formación Paraná está integrada por un potente estrato de arcillas, plásticas, de color verdeazulado, de comportamiento hidráulico acuícludo, denominado Arcilla Azul o también Arcillas Verdes.

Cabe aclarar, que la secuencia hidrolitológica de interés para el propósito del presente estudio está comprendida entre la superficie y el techo de la Formación Paraná (límite negativo), dado que este último, situado a 50 – 52 metros de profundidad, representa el límite inferior del sistema geohidrológico planteado.

La "Sección Epiparaniana" presenta un carácter de acuífero múltiple, integrado por el "Acuífero Puelche", que se recarga en forma areal e indirecta a partir del acuífero libre

desarrollado en los Sedimentos Pampeanos, denominado Acuífero Pampeano, Epipelche o freático.

El área de emplazamiento se ubica en la zona de conducción de las aguas subterráneas, relativamente cerca del curso de agua principal (a 4 km al NO del predio) y de la zona de descarga regional, que se corresponde con el río de la Plata (a 11 km al NE del predio).

Respecto del sentido del flujo del agua subterránea, se cuenta con datos de mapas equipotenciales regionales, en los que se interpreta que en el área del predio y su entorno el flujo en el acuífero Puelche se desarrollaba presuntamente hacia el norte con un gradiente muy bajo, inferior a 1.10^{-3} por el cono de depresión de los Talleres de Remedios de Escalada al principio de la década del '70 (Sala, 1972).

Hacia 1970 los conos de depresión se ubicaban en Llavallol - Remedios de Escalada y Valentín Alsina, hace unos 15 años estaba bien definido el cono de depresión en Llavallol – Lomas de Zamora y en la actualidad se insinúa la presencia de un cono de depresión en la cuenca media (La Matanza, Marcos Paz), porque las divisorias se observan desdibujadas y también la relación con los cursos de agua.

De acuerdo a registros más recientes de ACUMAR, el sentido del flujo del Puelche es hacia el NO con un gradiente muy bajo de 5.10^{-4} y que decrece hacia el NO, es decir hacia el río Matanzas.

En cuanto al freático, de acuerdo con la interpretación de las curvas equipotenciales de este acuífero (ACUMAR, 2008) surge que el sentido de escurrimiento del flujo freático en el sector del área de influencia del predio es hacia el NNO, con un gradiente hidráulico del orden de $7,5.10^{-4}$.

El nivel freático se encontraría muy próximo a la superficie, en el orden de 1,00 a 2,00 metros de profundidad, estimándose en 0,25 metros por encima de los niveles estáticos del Puelche, pudiendo existir una muy leve diferencia de carga hidráulica que impulsa el proceso de filtración vertical descendente.

8.5.1.2.1 Hidroquímica

Acuífero Freático: Las aguas del Acuífero Freático, Epipelche o Pampeano multiunitario son químicamente potables de acuerdo a los valores antecedentes que se poseen para la zona, excepto cuando se encuentran contaminadas localmente por su mayor vulnerabilidad (Auge, 2006). Según antecedentes bibliográficos regionales, y considerando la información correspondiente a la zona de estudio, las concentraciones de residuo seco (sólidos totales disueltos ó sales) son de 500 - 700 mg/l, las de nitratos 25 - 40 mg/l, las de arsénico 0,02 mg/l, cloruros 50 mg/l, sulfatos < 20 mg/l. El agua es de baja salinidad, con una mineralización débil, de tipo bicarbonatada sódica, con una “salinidad” (residuo seco) inferior a 1 g/l. El agua del Pampeano de la zona en general es químicamente potable y bacteriológicamente buena, apta para consumo humano (Auge, 2006). En algunos casos suele contener coliformes totales, que es indicativo de contaminación con materia fecal y altas concentraciones de nitratos, que pueden superar los 100 mg/l.

Acuífero Puelche: En la región, el agua del Puelche es utilizada principalmente para uso industrial y también para consumo humano. Generalmente es bicarbonatada sódica y posee tenores salinos menores a 1 g/l (sólidos disueltos totales < 1000 mg/l), localmente el contenido de sales es ligeramente superior que en el acuífero freático. Los contenidos químicos del agua del Acuífero Puelche, según antecedentes para esta zona, se encuentran, en general, dentro de las normas de A.D.A. y del Código Alimentario Argentino para bebida, con valores medios de residuo seco (sólidos disueltos totales) de 500 a 700 mg/l, dureza total (en CaCO₃) de 100 a 300 mg/l, alcalinidad (en CaCO₃) de 300 a 400 mg/l, sulfatos de 10 a 25 mg/l, nitratos de 10 a 50 mg/l, nitritos de 0,01 a 0,03 mg/l y cloruros de 8 a 80 mg/l, aproximadamente (Auge et al., 2004). A veces los nitratos superan el valor máximo permitido para agua potable por la Ley 11.820 de 50 mg/l. Con respecto a la calidad del agua y en base a los antecedentes de la zona es posible señalar que las aguas del acuífero Puelche son potables con excepción de las de algunos sectores de la terraza baja, con sólidos disueltos totales > 1500 mg/l.

Formación Paraná: La información de la calidad del agua de la Formación Paraná o El Verde en la zona es muy escasa. Por lo general la salinidad del agua que aporta esta unidad alcanza valores de 10 a 30 g/l, por lo que no es apta para consumo humano y la aptitud del agua sería muy limitada. Localmente, en la zona de Valentín Alsina, la calidad química de

arenas subyacentes a la Arcilla Azul motivó la explotación de este acuífero confinado, teniendo en cuenta que los acuíferos superiores son excesivamente salinos.

8.5.1.3 Clima

Para realizar la caracterización climática de la zona se utilizaron los datos registrados en la estación meteorológica de Ezeiza procesados por el Servicio Meteorológico Nacional. Esta estación radica en la localidad de Ezeiza, provincia de Buenos Aires (Longitud: 58°32' Oeste y Latitud: 34°49' Sur), distante a unos 25 km del objeto de estudio.

El clima predominante en la región del área de estudio es, según Koppën, el clima templado húmedo, o también conocido como clima templado pampeano.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornwaite (1948), adaptado por Burgos y Vidal (1951) para la República Argentina, la caracterización climática de la zona es húmeda, mesotermal, con nula o pequeña deficiencia de agua y baja concentración térmica estival (B1, B1', r, a').

8.5.1.3.1 Precipitaciones

En torno a las precipitaciones, las mismas se presentan en forma estacional a lo largo de todo el año. La época estival presenta los registros más altos, alrededor de 281,2 mm. con una frecuencia de 27 días con lluvia y la época invernal, es la que produce los registros más bajos, aproximadamente de 156,7 mm con una frecuencia de 24 días con lluvia.

El promedio anual de las precipitaciones es de 1012 mm; con años de máximas anuales registradas, de 1215,4 mm y años de mínima de 662,7 mm.

Los meses de mayor aporte hídrico, son febrero y octubre, con 108,5 y 106,6 mm respectivamente. Contrariamente, el mes de junio es el que presenta menores precipitaciones con un valor medio de 48,4mm. Con relación al régimen torrencial de las precipitaciones, existen máximos diarios, de 89,3 mm.

8.5.1.3.2 Temperatura

La temperatura varía con la hora del día, la estación del año y la superficie urbanizada del área. El período cálido se extiende de noviembre a marzo y el de frío comprende entre mayo y agosto.

La temperatura máxima media oscila entre 15°C y 30°C , mientras que las mínimas medias son del orden de los 18°C durante los meses de verano y 5°C en los meses de invierno. En la época estival, el tiempo es caluroso a mediodía y en las primeras horas de la tarde, mañanas y tardes agradables, noches agradables a frescas. La temperatura máxima puede superar los 40°C. En la época invernal la temperatura mínima puede descender hasta los 1°C.

En el siguiente gráfico (Fig. XLIII), se representan los valores de precipitaciones medias y temperatura máxima y mínima diferenciada por mes.

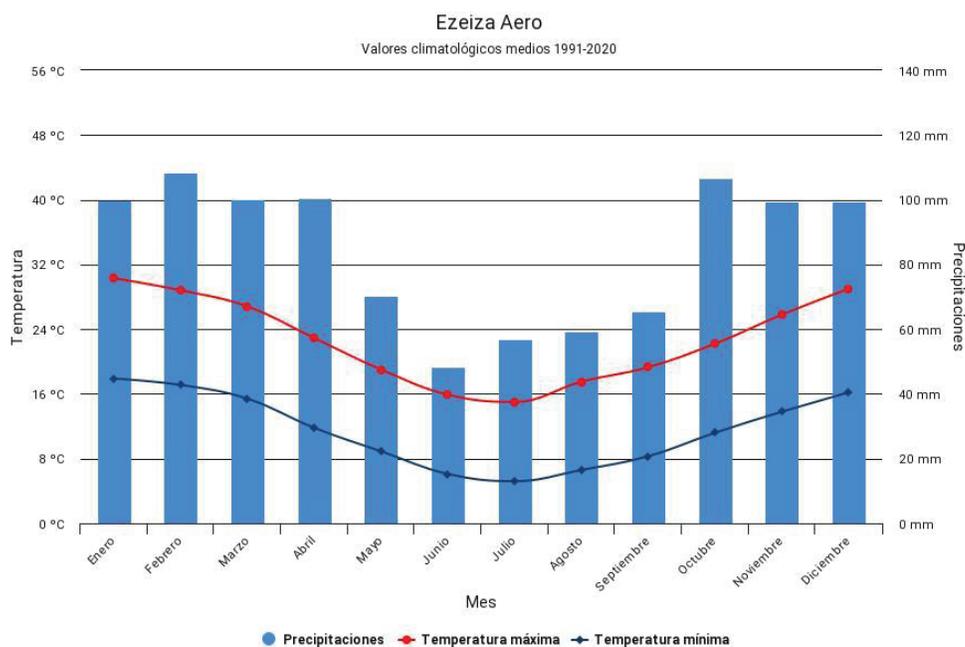


Fig. XLIII: Valor medio mensual de precipitaciones y curvas temperatura máxima y mínima (1981-2020) registrado por estación meteorológica Ezeiza Aero. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional Argentina

8.1.5.3.3 Vientos

Por su ubicación latitudinal, el clima local está influenciado principalmente por los Anticiclones semipermanentes emisores de vientos ubicados en los océanos Atlántico Sur y Pacífico Sur. Las masas de aire procedentes del Anticiclón Atlántico Sur, ingresan como vientos tibios y húmedos, mientras que el viento proveniente del Anticiclón Pacífico Sur es frío y seco. En el área predominan: los vientos del NE, seguidos por los del sector Este, Sur, SE (Sudestada), Norte, Oeste y con menor frecuencia NO y del SO (Pampero). Los vientos en general son leves, con velocidad de 12 a 15 km/h. La intensidad media del viento es de 13.4 km/h; con máximo valor medio de 18.1 km/h en el mes de octubre; y mínimo valor medio de 8.5 km/h, en el mes de abril. El número promedio de días con fuertes vientos ($U \geq 43$ km/h) es de 96.

8.1.5.3.4 Humedad relativa y presión atmosférica

Esta zona se caracteriza por una elevada humedad, que se intensifica a fines del otoño y principios del invierno y se ve disminuida con los vientos del noroeste que actúan en primavera y verano. Se observa que junio y abril tiene la humedad relativa más alta con un 79,3%, mientras que diciembre experimenta la más baja con un 65,9% evidenciando una importante y persistente saturación atmosférica con vapor de agua (Tabla LIV). En cuanto a la presión atmosférica, el valor medio anual es de 1013,4 hPa.

Tabla LIV: Porcentaje de humedad relativa media del período 1991–2000. Fuente: Est. Met. Ezeiza AERO del SMN

HUMEDAD RELATIVA (%)												
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
66,9	70,2	73,0	79,3	79,8	79,3	78,0	74,1	71,2	72,6	69,7	65,9	73,3

8.1.5.3.5 Evapotranspiración

La energía solar y la temperatura ambiente son los dos factores que condicionan e influyen directamente en la evapotranspiración potencial, que según el método de

Thornthwaite, se ha determinado para la zona una evapotranspiración potencial (ETP) de 850,5 mm.

8.1.5.3.6 Balance Hídrico

A los fines hidrológicos interesa la ocurrencia de excesos hídricos en la mayoría de los meses del año traducibles en recarga de acuíferos y escurrimiento superficial. Durante el verano aunque se registran altas precipitaciones, éstas son superadas por la evapotranspiración.

El balance hídrico indicaría que los suelos zonales pasarían en el año por tres períodos en cuanto a su contenido de agua: de mediados de marzo a fines de noviembre con un exceso de agua; de fines de noviembre a mediados de febrero donde el contenido de agua es inferior a la capacidad de campo, produciéndose el consumo y con un breve déficit en enero; de mediados de febrero a mediados de marzo, tiempo en el que se produce el almacenamiento (recarga) (Speziale et al., 2018).

Según los registros de la estación meteorológica Buenos Aires para el período 1981-2010, los valores anuales obtenidos del balance hidrológico regional son:

- Precipitaciones (P): 1236,5 mm
- Evapotranspiración real (ETR): 848,5 mm
- Excesos hídricos (EX): 388,0 mm.

Al ser superiores las precipitaciones que la evapotranspiración real ocurren excesos hídricos susceptibles de infiltrar y/o escurrir superficialmente por la red de avenamiento de cursos de agua.

8.5.2 Medio biológico

Desde el punto de vista fitogeográfico, la zona de estudio se encuentra en la Región Pampeana y desde el punto de vista zoogeográfico, la región se incluye dentro del Distrito Mesopotámico, perteneciente al Dominio Subtropical (Subregión Guayano-Brasileña), con influencia del Distrito Pampásico (Ringuelet, 1961). La mayoría de los ecosistemas originales

preexistentes al proceso de ocupación del suelo, han sido fuertemente modificados como consecuencia del desarrollo urbano, conformando un esquema antropizado. Se puede afirmar que las características naturales de la vegetación y de la fauna original han sido reemplazadas por tejido urbano, introduciendo especies vegetales y animales exóticas.

8.5.2.1 Flora

El partido cuenta con una red de espacios verdes aislados y distribuidos de manera aleatoria. En la actualidad no conforman un sistema integrado, no están interrelacionados y no poseen objetivos en común. Se observa la forestación de espacios verdes como el Parque Eva Perón, y también sitios de uso privado, veredas, predios febriles. En otros sectores simplemente se ha arrasado con los espacios naturales, en el que se han instalado naves, predios pavimentados, en donde no ha quedado vestigio de flora alguna.

La superficie total ocupada por los espacios verdes y públicos es de 89,58 hectáreas (895.800 m²). Incluyen en general plazas, plazoletas y canteros de bulevares insertos de manera dispersa en la trama urbana. Como casos especiales se destacan el parque Eva Perón, de 29,34 hectáreas de superficie y la plaza ubicada en el predio del Palacio Municipal.

Dentro de las especies predominantes de árboles podemos citar: Acacia, Acacias Bolas, Álamos, Araucarias, Ceibos, Eucaliptos, Fresnos, Gomero, Palo Borracho, Paraísos, Plátanos, Tilo. De las especies citadas anteriormente, son autóctonas: Acacia, Araucarias y Palo Borracho (las dos especies, el de flor blanca y el de flor rosada).

8.5.2.2 Fauna

La fauna originalmente asociada a la vegetación nativa, actualmente se reduce principalmente a la avifauna, habituada al medio urbano y ambientes con arbustos o arboleda de las calles, plazas y jardines mayormente exóticos (Narosky et al., 1993).

Algunos ejemplares que persisten en el ambiente son el zorzal colorado (*Turdus rufiventris*); hornero (*Furnarius rufus*); chingolo (*Zonotrichia capensis*); tordo renegrido (*Molothrus bonariensis*); calandria (*Mimus saturninus*); tordo músico (*Molothrus badius*); benteveo común o “bicho feo” (*Pitangus sulphuratus*); cotorras que se desplazan en bandadas,

originariamente asociadas a los talaes y que hoy habitan en los eucaliptus en donde construyen sus nidos (*Myiopsitta monachus*); la ratona común (*Troglodytes aedon*); el jilguero dorado (*Sicalis flaveola*); la palomas torcaza (*Zenaida auriculata*), torcacita (*Colombina picui*) y picazuró (*Columba picazuro*). Entre las aves exóticas, es común encontrar en la zona: la paloma doméstica europea (*Columba livia*), el gorrión europeo (*Passer domesticus*) y en los últimos años el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*). Es frecuente la presencia de perros y gatos domésticos, lagartijas en épocas calurosas y en los ambientes más degradados, roedores de las especies *Rattus rattus* y *R. norvegicus* e insectos.

8.5.3 Medio socioeconómico

El proyecto se desarrollará en Lanús, partido que corresponde al primer cordón del Conurbano Bonaerense al sur de la provincia. El mismo limita con los partidos de Lomas de Zamora, Quilmes, Avellaneda y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, mediada por el Riachuelo. Cuenta con una superficie total de 48 km², siendo uno de los de menor superficie dentro del conjunto de los 24 partidos que integran el Gran Buenos Aires pero con una densidad de población superior a la media. El partido está integrado por 6 localidades, siendo Remedios de Escalada de San Martín el área de influencia donde se emplazará el proyecto. El área que ocupa este barrio ronda el 30% del total del partido.

Actualmente no se puede identificar el crecimiento u otros indicadores demográficos del área de estudio, puesto que los datos preliminares del Censo 2022 están en una fase de procesamiento. Por lo anteriormente descrito, se tomarán los datos arrojados por el censo llevado a cabo en el 2010 y otras estadísticas que se recaben de diferentes ministerios, en años anteriores.

8.5.3.1 Población

Según los datos provisionales del censo realizado el año 2022, el total de habitantes en el partido de Lanús es de 462.051, representando un 0,6% de crecimiento con respecto al censo anterior. En relación a las viviendas, se contabilizaron 179.531 particulares y 71

colectivas, siendo estas últimas los domicilios destinados a alojar personas que viven bajo un régimen institucional (no familiar).

La población de sexo femenino registra un porcentaje de 52,61%, mientras que que un 47% corresponde al sexo masculino. Por su parte, un 0,01 se catalogó bajo la categoría "Otros".

En relación a la población por área de superficie en kilómetros cuadrados, el censo arrojó un valor de 9555,6, siendo un valor bajo.

Tomando de referencia los datos arrojados por el censo 2010, la distribución por grupos de edad de la población se presenta en forma piramidal de base angosta, mostrando niveles de fecundidad todavía algo elevados, pero en marcada tendencia al descenso (Fig. XLIV). Los grupos de edad predominantes se encuentran en las edades adultas de 30 a 64 años. Los adultos representan el 42,7 por ciento del total de la población de Lanús. Por su parte, los niños, niñas y adolescentes de 0 a 14 años representan el 21 por ciento de la población, resultando en una edad promedio de 36,3 años.

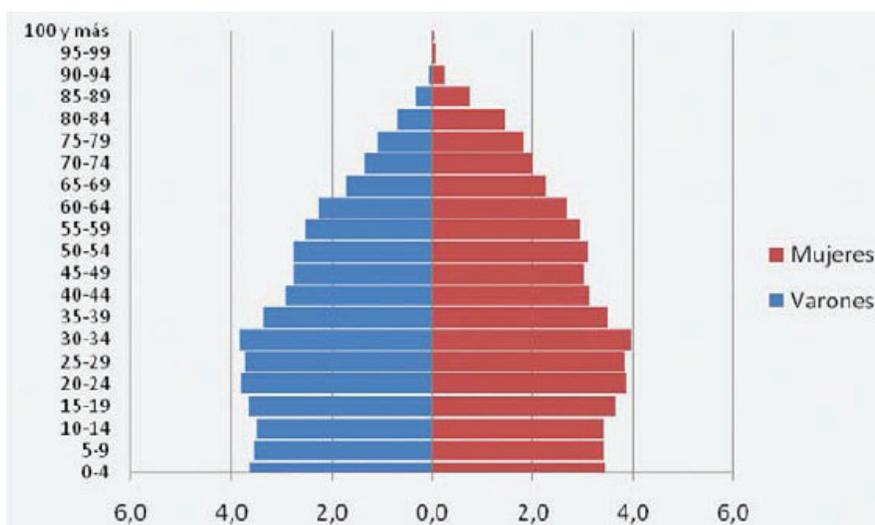


Fig. XLIV: Pirámide de población Municipio de Lanús (Fuente: Municipio de Lanús, 2012)

8.5.3.2 Situación socioeconomica

Tomando como referencia la condición de actividad, en la Tabla LIV se lleva a cabo una comparación respecto a varios indicadores entre el municipio de Lanús, el GBA y el total de la provincia de Buenos Aires. Actualizados los datos al Censo 2010 es posible observar que los valores correspondientes al municipio de Lanús son levemente superiores a los expresados para los 24 partidos del Gran Buenos Aires y la totalidad de la provincia homónima, con excepción de la tasa de actividad que es menor a la registrada en las áreas geográficas referidas.

Tabla LV: Condición de actividad para el municipio de Lanús, 24 partidos del Gran Buenos Aires y provincia de Buenos Aires (Fuente: Elaboración propia a partir de Censo 2010)

VARIABLES / INDICADORES	MUNICIPIO DE LANÚS	GRAN BUENOS AIRES	PROV. DE BUENOS AIRES
Población de 15 – 64 años	65.25	64.04	64.49
Población ocupada	50.5	49.36	48.79
Población desocupada	3.43	3.33	3.13
Población inactiva	26.17	23.47	24.16
Tasa de Actividad	67.33	69.18	68.25
Tasa de Desocupación	6.36	6.31	6.03

8.5.3.3 Hogares

El Censo 2010 registra 149.594 hogares en el partido de Lanús. De ellos 7.417 son hogares con necesidades básicas insatisfechas, los que representan el 5% del total del municipio.

En el Anexo XVIII-1 se presenta la distribución de los hogares en el tipo de vivienda, cuyo mayor porcentaje se asigna a la casa (77%), seguido por el departamento con un 20%,

mientras que las viviendas más deficitarias como el rancho y la casilla muestran frecuencias relativas bajas, alcanzando valores de 0,3 y 0,9 respectivamente.

La enorme mayoría de las viviendas cuentan con agua procedente de la red pública, y provista por cañerías dentro de la vivienda, con un porcentaje del 96%. Aún entre aquellas viviendas cuya procedencia sea fuera de la vivienda y/o del terreno, es provista por la red pública (Anexo XVIII-2)

En referencia a las características del baño, los hogares en vivienda que no tiene descarga a red pública suman, en conjunto, un 62,2 por ciento, siendo la mayoría a pozo ciego y en similar medida a cámara séptica y pozo ciego (Anexo XVIII-3).

En cuanto al tipo de combustible principalmente utilizado para cocinar, los datos del año 2010 muestran un avance en la cobertura del gas de red a nivel provincial y municipal. En Lanús, según los datos más actuales, hay cerca de 32.000 hogares en viviendas que no tienen gas de red (Anexo XVIII-4). En estos casos, el recurso más utilizado es el gas en garrafa (20,4 por ciento sobre el total).

8.5.3.4 Salud

La Región Sanitaria que integra Lanús (VI) está conformada por nueve partidos que también integran el Conurbano Bonaerense; y es la Región Sanitaria más poblada de Buenos Aires, a pesar de que solamente ocupa el 0,3 por ciento de la superficie total de la provincia. Algunos de los indicadores de esta Región Sanitaria presentan valores muy similares al promedio provincial, debido al peso relativo de esta población sobre el total y a la similitud de su estructura demográfica.

Según De Grande (2018), la mortalidad general del partido de Lanús representó, en el año 2018, un total de 4779 defunciones, posicionándose en sexto lugar en el ranking de los partidos que componen el Gran Buenos Aires con un indicador de 10,3 defunciones/mil habitantes. Este número se mantiene medianamente constante, tomando como referencia el registro anterior del año 2015 con un valor de 5100.

La tasa de mortalidad infantil, que refiere a las muertes de menores de un año, se compone de otras dos tasas, la neonatal y la post-neonatal. La primera representa muertes durante el primer mes de vida y se asocia a factores biológicos, difíciles de modificar. La mortalidad post-neonatal representa las defunciones de niños de entre 28 días y 1 año y está mayormente afectada por condiciones ambientales y materiales, incluyendo en mayor medida muertes evitables. El valor más actualizado para este parámetro responde al año 2018 con un valor de 8,5 defunciones infantiles/mil habitantes, manteniéndose alejado del promedio provincial, a diferencia de los valores que arroja el Censo del 2010, siendo 12,9 defunciones cada mil habitantes.

Con respecto a los centros de salud, en la Fig. XLV, se georeferencian en el mapa los distintos establecimientos, discriminando por tipo en complementarios, con internación y sin internación. Dentro de los complementarios se destacan vacunatorios, unidades de atención móviles e internación domiciliaria, con un valor de 22 (PEDICINO et al, 2022). Para el caso de las instituciones con internación, se pueden discriminar 52 privadas y 4 públicas, conformando un valor total de 56, aumentando la cifra respecto a los datos del 2018 con un valor de 48. Los establecimientos sin internación que abarcan centros de diagnóstico, análisis y laboratorios, entre otros, arrojan un total de 123 unidades. Resulta necesario mencionar que según el Censo del 2010, los individuos sin cobertura de salud o plan estatal alcanzaba un valor de 137205.

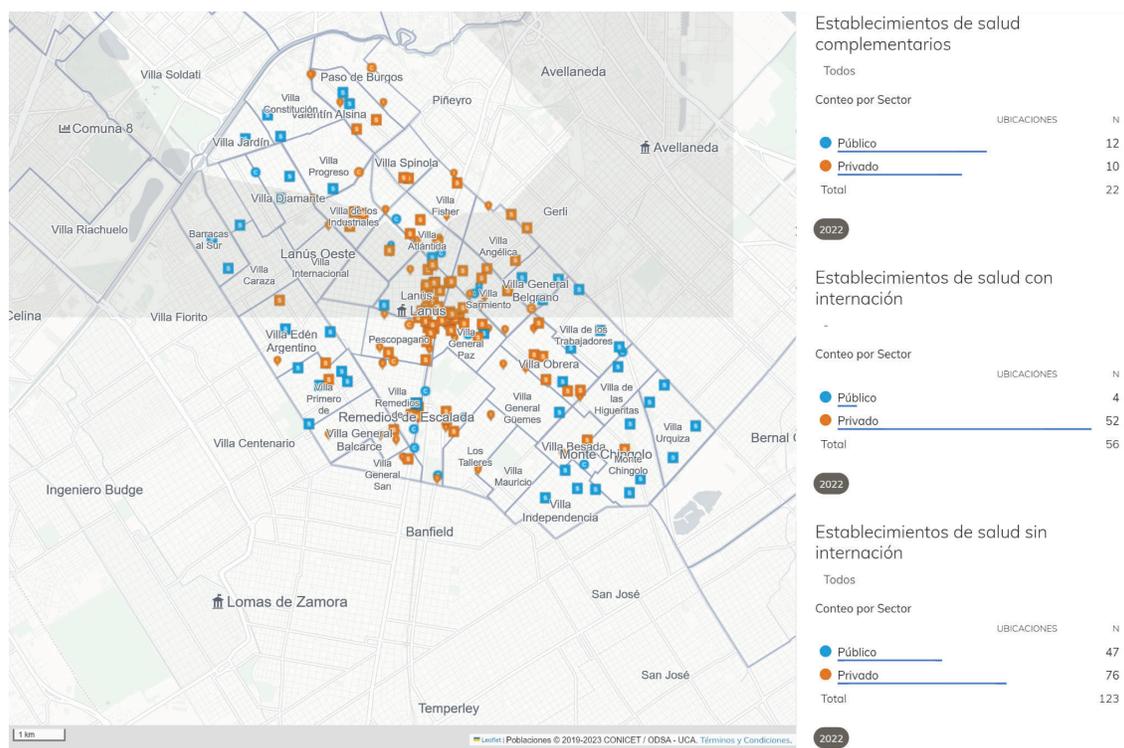


Fig. XLV: Mapa del partido de Lanús con georreferenciación de establecimientos según el tipo: Complementarios, sin internación y con internación. Diferenciación entre públicos y privados. (Fuente: Elaboración propia con datos procesados con <https://mapa.poblaciones.org/map>)

8.5.3.5 Educación

En cuanto a las condiciones educativas, el Censo 2010 arrojó que el porcentaje de habitantes del municipio de Lanús, que no sabe leer y escribir es de 4,88, que el porcentaje de personas que nunca asistió a un establecimiento educativo es de 1,52 y las personas cuyo máximo nivel educativo alcanzado fue el primario, toma un valor de 34,27%. Estas cifras se posicionan un punto por debajo de los promedios provinciales y del gran Buenos Aires. Por otro lado, en lo que respecta a las variables de beneficio, es decir aquellos parámetros que resultan favorables en sus valores máximos, el valor es de 9,70% para las personas cuyos estudios máximos son a nivel universitario, valor superior a los promedios regionales.

En la Fig. XLVI se desglosan y ubican los establecimientos educativos según su índole. Respecto a nivel inicial, se cuentan con 150 edificios educativos para la formación común,

especial y para jóvenes y adultos. El nivel superior, que abarca formación universitaria y no universitaria, se brinda en 21 establecimientos; y para el caso de la educación secundaria, la cifra alcanza un número de 145 establecimientos (De Grande, 2021). El área de influencia del proyecto incluye 72 establecimientos de los antes mencionados.

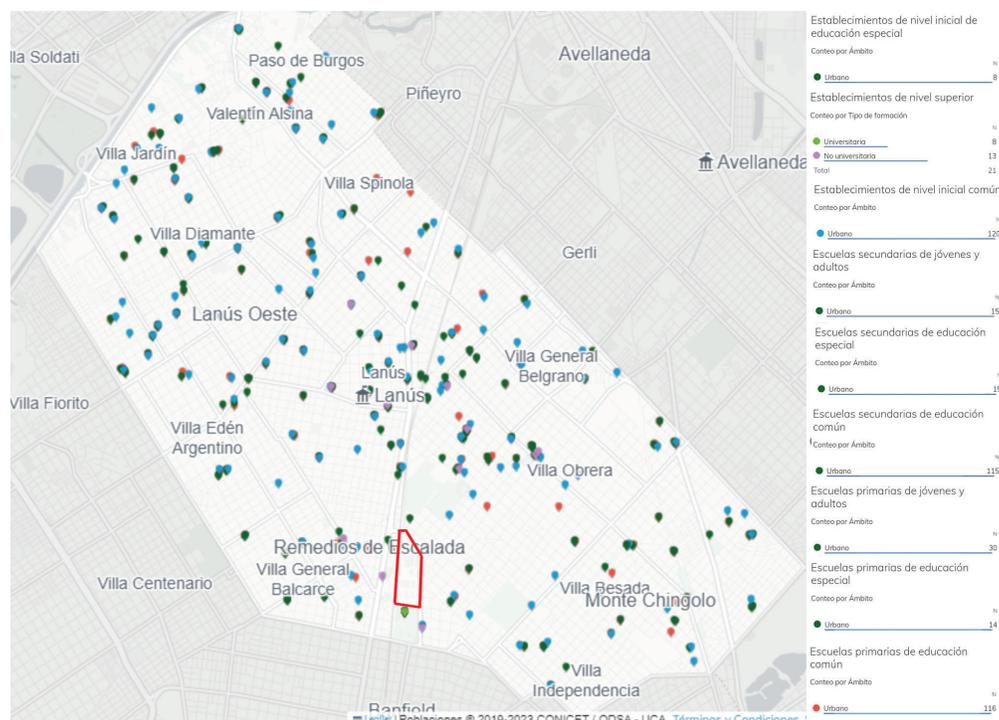


Fig. XLVI: Mapa de establecimientos educativos en el municipio de Lanús diferidos por nivel. En color rojo se demarca la ubicación del proyecto de referencia. (Fuente: Elaboración propia con datos procesados con <https://mapa.poblaciones.org/map>)

8.5.3.6 Actividades económicas

Según Armengol (2012), el partido cuenta con 500 empresas grandes, 3 mil medianas y pequeñas, y 13 mil locales comerciales en actividad. Se ubica en el décimo lugar en cuanto a la producción de bienes y servicios. En cuanto a la cantidad de locales cada 10.000 habitantes, Lanús está en el decimotercero lugar respecto al total de partidos del AMBA y en el quinto en cuanto a cantidad de locales industriales, contabilizando 17.000 unidades y ocupando 14 mil trabajadores, siendo el 15% PYMES, y el resto se distribuye entre micro y grandes empresas.

En el período 1985-2004 se verifica una tendencia a la reducción en el número de locales industriales, tanto por km² (44%) como en relación a la población (42%). Así, el índice de industrialización, que evidencia el nivel de industrialización en relación al nivel general de la provincia de Buenos Aires, se reduce en 0,4 puntos entre 1994 y 2004, posicionando al municipio muy cerca del promedio provincial.

En cuanto al empleo industrial, se evidencia que 72% de las industrias emplean entre 1 a 4 operarios y el 21% entre 5 y 19 operarios, por lo que puede afirmarse que predominan los establecimientos familiares o PYMES. El 7% restante se distribuye en establecimientos que emplean entre 20 y 49 operarios y más de 50 personas, los cuales representan el 5% y el 2% respectivamente.

Actividades económicas agregadas

En base al Producto Bruto Geográfico (PBG) del año 2003, cuatro sectores son predominantes en la economía de Lanús abarcando el 77,7% del producto:

- Industria manufacturera, 40,6%
- Servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler, 16,4%
- Transporte, almacenamiento y comunicaciones, 12,1%
- Comercio al por mayor, por menor y reparaciones, 8,6%.

De estos cuatro sectores el transporte, almacenamiento y comunicaciones mostró un incremento del 28% en el período intercensal 1993-2003; la industria manufacturera creció al 17% y los sectores de servicios disminuyeron en 28%.

Análisis por sector y rubro de actividad

En el partido existe un parque industrial, el CEPILE “Polo Industrial Lanús”, que está ubicado en la localidad de Lanús Este, a 30 Km. del puerto de Dock Sud y 35 Km. del aeropuerto de Ezeiza. Es de propiedad mixta, estatal y privada. Ocupa 49 manzanas en precinto, con 39 empresas y se encuentra actualmente completo.

El parque presenta una concentración de empresas dedicadas a la producción de aceites y grasas, plásticos, metales, papel y cartón. El resto está diversificado en varios rubros:

fabricación de productos de limpieza, sustancias y productos químicos en general, productos comestibles, fundición de metales, reciclados de plástico y vidrios, y servicios de transporte de carga-logística. Existe una segunda zona de concentración industrial en la ribera del Riachuelo, al noroeste del partido con establecimientos en grandes predios.

El otro parque industrial que alberga el municipio es el PIC (Parque Industrial Curtidor). Este proyecto ha sido pensado como un Parque Temático cuya diferencia respecto de los Parques Industriales existentes es fundamentalmente el concepto medioambiental adoptado.

Sectores predominantes en la economía de Lanús

Las principales aglomeraciones productivas del partido son las curtiembres y productos de cuero y calzado, los productos de papel, el sector metalmecánico y la industria autopartista.

- Curtiembres: Existen 150 curtiembres en Lanús, de las cuales 140 son PYMES, que llevan a cabo etapas intermedias del proceso completo. Dicha industria genera 40 mil empleos en el partido – 15 mil empleos directos y 25 mil indirectos, la gran mayoría formales, empleando al 80% de la PEA de Valentín Alsina y Villa Jardín (Paladino et al., 2012). El principal problema asociado a las curtiembres es que generan una gran contaminación en un sector en el que no existen cloacas, y los desechos se vuelcan directamente al Riachuelo. No obstante, muchas curtiembres cumplen la normativa ambiental a través del ISO 14000 y pocas curten cueros que es la parte más contaminante del proceso debido al uso de cromo: Arley, Fonseca y Ursuili. Las principales curtiembres son La Teresa, Arley, Gaita, Isacreta, Pantin SA, Fontenla.

- Industria Textil: La industria textil en el partido se encuentra en una etapa de inversión y crecimiento con muy buenas perspectivas. Las principales empresas textiles son Caimari y la Cardeuse.

- Calzado: Se importaron 4 millones de pares de zapatos menos que en años anteriores, lo que repercutió en la generación de empleos. Sin embargo falta mano de obra capacitada para aparadores (oficio de los que arman el zapato), quienes además sufren muchas veces la informalidad laboral. Esta industria no genera problemas de medio ambiente ya que sólo es ensamble (Paladino et al., 2012).

- Alimenticias: La industria alimenticia presenta buen nivel de inversión y tecnología, aunque algunas empresas sufren la falta de acceso al crédito. Hay poca informalidad laboral en el sector. Las principales empresas son Kaisa, Lipo, Hojalmar, Mendía.
- Papel y Gráfica: Las empresas del rubro presentan graves dificultades para acceder al crédito, altas tasas de informalidad laboral y maquinaria obsoleta. Cabe destacar que Lanús cuenta con la única empresa en el país que fabrica las planchas offset utilizadas en la edición de diarios. La principal empresa es Osvaldo Palmieri (única de placas Offset).
- Metalmecánica: Las principales empresas del sector son Marcelo Lucioni, Fursioli

8.5.4 Factores ambientales contemplados

En la Tabla LVI, se indican los factores ambientales susceptibles de sufrir impactos a causa del proyecto con sus respectivos componentes:

Tabla LVI: Factores ambientales identificados para el área de influencia

Sistema	Factor Ambiental	Componente
Medio físico	Atmósfera	Calidad del aire
		Nivel de ruido y vibraciones
	Agua	Calidad del agua superficial
		Calidad del agua subterránea
	Suelo	Calidad del suelo
Medio Biótico	Flora	Cubierta vegetal
	Fauna	Diversidad /Hábitat
Medio socioeconómico y cultural	Aspectos económicos	Empleo
		Actividad económica local
	Aspectos sociales	Aceptabilidad social
		Salud/ bienestar

8.6 Identificación y valorización de impactos ambientales

Definida la línea de base, y analizado el proyecto, se realizó el análisis de los impactos que surgen de la correlación entre las acciones del proyecto y los factores ambientales vislumbrados en la línea de base. Para ello se utilizó la metodología cuantitativa propuesta por Conesa (1997). Cada impacto reconocido fue descrito y se evaluó su incidencia relativa. La combinación de impactos mediante la fórmula polinómica del método utilizado permitió establecer el grado de influencia previsto para el proyecto en su conjunto, y para cada etapa de desarrollo.

Esta identificación y valoración sirvió para desarrollar una serie de medidas precautorias y mitigatorias de efectos, que se presentan en este capítulo y se integraron en el Plan de Gestión Ambiental, que cierra técnicamente el EIA realizado, con las medidas recomendadas.

8.6.1 Descripción de impactos ambientales

Se describen en los textos que prosiguen, los impactos más relevantes relacionados a la activación del proyecto de referencia, discriminado por etapa.

Etapas construcción

El impacto en la calidad de aire será considerable en esta fase, ya que está principalmente relacionado con la emisión de material particulado en los momentos en que se realicen trabajos de movimiento de suelos, y durante el tránsito de vehículos y maquinaria en las zonas de obra. Esta circulación también genera contaminación por emisión de gases de combustión. Estas acciones generan contaminación sonora. Estos impactos son puntuales y temporales.

El estrato de suelo se verá afectado de manera permanente, principalmente por remoción de la capa orgánica, por las excavaciones para la construcción de las unidades enterradas e incorporación de la red de servicios, así como también por la compactación del mismo que surge de la circulación de maquinaria pesada que transportan los materiales y por algún eventual derrame u otra contingencia que finalizará con la infiltración en el terreno. Es

importante destacar que la recuperación del perfil es un proceso a largo plazo debido al lento desarrollo de la capa edáfica. Sin embargo, se reconoce en el territorio una degradación permanente, que antecede la implantación del proyecto, consistente con las actividades ferroviarias de fugas de hidrocarburo y percolación en el suelo, resultando en una situación inicial en desventaja para este factor ambiental.

Respecto a la componente floral en torno al sitio de influencia directa del proyecto, se encuentra reducido por el avance de la urbanización, con lo cual el impacto será prácticamente imperceptible frente al escenario actual. La alteración de esta etapa sobre la vegetación está relacionada con la degradación y remoción de la misma como consecuencia de la fase inicial de desmonte y limpieza de la zona, la construcción de las plataformas de hormigón que requieren las unidades, de la apertura de zanjas para el cableado subterráneo, y de la instalación del obrador. Este impacto provocará la pérdida del hábitat para la fauna siendo desplazada por la pérdida directa del refugio, la alimentación o sitios de reproducción y cría durante la etapa de construcción. Nuevamente, se menciona que la presencia de la biota terrestres es menor por la calidad del terreno. El tránsito de vehículos y maquinaria pesada y el uso de equipos para las distintas tareas que implica la obra, generarán un aumento del ruido ambiente, de vibraciones y de material particulado que afectará de modo indirecto a la avifauna y de modo directo a la fauna terrestre.

El recurso hídrico podrá verse afectado ante la incorrecta gestión de los residuos que se generen en esta etapa. De igual manera, esta mala manipulación podría perjudicar el resto de los factores contemplados.

La materialización de la obra supone la contratación temporal de empresas y también, el movimiento económico derivado de la provisión de insumos, transporte, manejo de residuos y otros servicios de apoyo, generando un impacto positivo sobre el empleo y la actividad económica asociada al proyecto.

Etapa operación

En la etapa de operación no habrá impactos relevantes en el medio físico, ya que los mismos han sido asociados a la etapa de construcción, aunque se han considerado potenciales

efectos sobre los recursos por contaminación producto del derrame o fuga que conlleva una mala gestión de los insumos y residuos producidos. Además, se contempla, en menor medida, la repercusión del tránsito vehicular asociado al retiro de lodos y provisión de insumos, sobre el aire por voladura de material particulado y combustión.

La generación de ruidos no es significativa puesto que es un predio ferroviario con gran circulación de formaciones y movimiento de maquinarias.

Actualmente los efluentes generados son volcados sin tratamiento previo, por lo que el aprovechamiento y vertido del agua tratada en un nivel mínimo, generará un impacto positivo sobre los cuerpos de agua a largo plazo, así como también, sobre la percepción de la población en la inmediatez.

El medio socioeconómico se ve favorecido ya que la operación y mantenimiento de la planta requerirá de la externalización de las tareas específicas, lo que se traduce en un aumento del empleo de mano de obra especializada, a la vez que se activará la economía por la necesidad de insumos.

8.6.2 Metodología de valoración

Para determinar el grado de influencia del impacto ambiental se utiliza una matriz de impactos que sirve para analizar las distintas acciones productoras de impacto previstas del proyecto y los factores ambientales susceptibles de ser impactados. Para ello se utiliza la metodología propuesta por Vicente Conesa Fernández – Vítora (1997, Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental, página 88: 4.3 Matriz de Importancia).

Se utiliza para evaluar, una matriz de impacto ambiental de tipo cuantitativo en donde cada impacto se califica según su importancia (I), la cual se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I = \pm (3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Donde:

I: Valor de importancia del impacto

±: Naturaleza. Hace referencia al carácter beneficioso o perjudicial de las acciones.

i: Intensidad o grado probable de destrucción. Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor. Se la califica como baja, media o alta.

EX: Extensión o área de influencia del impacto. Se refiere al área de influencia teórica del impacto sobre el entorno del proyecto (porcentaje de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Se la califica como puntual, parcial y extensa (todo el ámbito).

MO: Momento en que se produce. Alude al plazo de manifestación del impacto, es decir el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto. Puede ser inmediato, mediato o a largo plazo.

PE: Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto. Se refiere al tiempo que permanece el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor ambiental retornaría a las condiciones previas a la acción, ya sea naturalmente o por la implementación de medidas correctoras.

RV: Reversibilidad. Se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones previas a la acción por medios naturales y una vez que esta deja de actuar sobre el medio. Se la caracteriza como a corto plazo, a medio plazo, a largo plazo e irreversible.

SI: Sinergia. Se interpreta como la acumulación o sumatoria de dos o más efectos simples, y se clasifica en sinergismo moderado, altamente sinérgico o no sinérgico.

AC: Acumulación. Fenómeno mediante el que los efectos son incrementales y potenciados progresivamente, su calificación responde a simple y acumulativo.

EF: Efecto. De acuerdo a su manifestación o forma de operar sobre el medio, clasificándose en directo o indirecto.

PR: Periodicidad. Es la manifestación de la posibilidad de ocurrencia del efecto clasificándose como Irregular, Periódico y continuo.

MC: Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia de la acción ejecutada. Se clasifica en recuperable, mitigable e irrecuperable.

A continuación se presenta una tabla con los valores que pueden adoptar las distintas variables según el impacto que se esté analizando:

Tabla LVII: Presentación de las variables y valores que pueden adoptar los impactos ambientales. Fuente: Elaboración propia

Naturaleza (Signo)		Intensidad (i)	
<i>Beneficioso</i>	+	<i>Baja</i>	1
<i>Perjudicial</i>	-	<i>Media</i>	2
		<i>Alta</i>	3
		<i>Muy alta</i>	8
		<i>Total</i>	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
<i>Puntual</i>	1	<i>Largo plazo</i>	1
<i>Parcial</i>	2	<i>Medio plazo</i>	2
<i>Extenso</i>	4	<i>Inmediato</i>	4
<i>Total</i>	8	<i>Crítico</i>	8
<i>Crítica</i>	12		
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
<i>Fugaz</i>	1	<i>Corto plazo</i>	1
<i>Temporal</i>	2	<i>Medio plazo</i>	2
<i>Permanente</i>	4	<i>Irreversible</i>	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
<i>Sin sinergismo</i>	1	<i>Simple</i>	1
<i>Sinérgico</i>	2	<i>Acumulativo</i>	4
<i>Muy sinérgico</i>	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
<i>Indirecto</i>	1	<i>Irregular</i>	1
<i>Directo</i>	4	<i>Periódico</i>	2
		<i>Continuo</i>	4
Recuperabilidad (MC)		Ecuación	
<i>Recuperable inmediato</i>	1	$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	
<i>Recuperable</i>	2		
<i>Mitigable</i>	4		
<i>Irrecuperable</i>	8		

En función de este modelo los valores extremos de Importancia pueden variar entre 13 y 100. Según esta variación, se califica al impacto ambiental de acuerdo con la escala que se representa en la siguiente tabla (Tabla LVIII).

Tabla LVIII: Calificación de impactos ambientales según el valor de importancia

Impacto	Categoría	Valor de I
Beneficioso		>1
Perjudicial	Bajo	<25
	Moderado	25 - 50
	Crítico	>50

8.6.3 Resultados (Matriz de impactos)

En la Tabla LIX se presentan los resultados del análisis de la Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental del Parque Eólico Vientos del Oeste y se analizan, para cada uno de los componentes del sistema ambiental receptor, los efectos positivos y negativos derivados de la construcción, operación y mantenimiento, y abandono del proyecto.

Tabla LIX: Matriz de valoración de impactos. En las filas, las acciones de cada etapa y en las columnas, los factores afectados especificando si corresponden al medio Físico, Biológico o Socioeconómico.

Factores Acciones	Sistema		Medio físico						Medio Biótico			Medio socioeconómico y cultural						
	Factor Ambiental		Atmosfera		Agua		Suelo		Importancia absoluta medio físico		Flora	Fauna	Importancia absoluta medio biótico	Aspectos económicos		Aspectos sociales		Importancia absoluta medio socioeconómico y cultural
	Calidad del aire	Nivel de ruido y vibración	Calidad del agua superficial	Calidad del agua subterránea	Calidad del agua	Calidad del suelo	Importancia absoluta medio físico	Cubierta vegetal	Diversidad /Habitat	Empleo	Actividad económica local	Aceptabilidad social	Salud/ bienestar	Importancia absoluta medio socioeconómico y cultural				
Construcción	Limpieza, desmonte y nivelación del terreno	-43	-43	-15		-37	-27,6	-47	-44	-45,5	33	31		-14	12,5			
	Montaje y funcionamiento de obrador		-25		-17		-8,4			0	33	33			16,5			
	Excavación y movimiento de tierras	-29	-45	-17	-25	-58	-34,8	-49	-41	-45	33	33		-14	13			
	Instalación de red y estructura de servicios	-18	-22	-17	-15	-42	-22,8			0	33	33			16,5			
	Movimiento de maquinaria pesada y herramientas	-16	-25				-8,2	-19	-19	-19	30	30		-21	9,75			
Operación y mantenimiento	Obra civil y montaje de planta de tratamiento de efluentes y edificios anexos	-39	-43			-42	-24,8			0	37	52	64		38,25			
	Desmontaje de instalaciones temporales y limpieza final del sitio de obra	-16	-23			-23	-12,4	29		14,5	30	30	18		19,5			
	Generación y gestión de residuos sólidos y líquidos		-14	-17	-18	-23	-14,4	-26		-13	30	30		-16	11,25			
	Operación de la planta de tratamiento de efluentes	-14	-23				-7,4			0	43	37	63		35,75			
Operación y mantenimiento	Tránsito vehicular	-21	-27			-14	-12,4		-21	-10,5	31	34	-13		13			
	Mantenimiento y limpieza de instalaciones		-18				-3,6			0	34	34		-27	10,25			
	Generación y gestión de residuos		-14	-17	-18	-23	-14,4	-26		-13	34	34			17			
	Demanda de insumos, bienes y servicios						0			0	39	39			19,5			
Importancia media total		-15,08	-24,77	-6,36	-7,15	-20,15	-14,71	-10,62	-9,62	-10,12	33,85	34,62	8,54	-5,36	17,90			

8.7 Medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales

En este apartado, se definen las acciones mínimas a seguir con la finalidad de prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos negativos que el proyecto pueda ocasionar en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.

Tabla LX: Acciones mínimas a considerar para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar potenciales impactos negativos de la construcción y operación de la planta de tratamiento de efluentes

Etapa	Acción	Impacto	Medida
C O N S T R U C C I Ó N	Limpieza, desmonte y nivelación del terreno	Afectación de la flora y fauna, y la calidad del suelo y aire. Generación de ruidos	<ul style="list-style-type: none"> - Inspeccionar y marcar con claridad los límites a nivelar. - Evaluar las interferencias en el terreno y las distancias de seguridad a las distintas instalaciones. - Nivelar el sitio teniendo en cuenta los niveles necesarios para la construcción. - Suspender las actividades de movimiento de suelo cuando las condiciones climáticas no sean las adecuadas. - Evitar cualquier tipo de bloqueo de canales con el material de nivelación. - Prohibir la extracción de árboles y arbustos nativos. En caso de no tener alternativa, reponer el ejemplar arbóreo con 5 de iguales características, que compense el daño.
	Montaje y funcionamiento de obrador	Afectación de la Calidad del suelo y flora y fauna	<ul style="list-style-type: none"> - Inspeccionar y marcar con claridad los límites a nivelar. - Instalar el obrador en lugares antropizados ya niveles, donde el despeje de vegetación sea mínimo - Mantener la continua limpieza, la disposición de los residuos y el mantenimiento de los sitios - Restaurar el sitio lo más aproximado posible al estado inicial, limpiando el lugar de todo residuo cuando ya no se precise del obrador. - Apoyar recipientes que contengan combustible y/o lubricante sobre superficies impermeabilizadas con láminas plásticas y que estén rodeados de un muro de contención impermeabilizado, para evitar que las eventuales pérdidas alcancen el suelo, en cumplimiento con la norma vigente. - Instalar suficientes baños químicos para el personal, cuyos efluentes deberán ser periódicamente recolectados y enviados a

			<p>disposición final por empresa contratada para tal fin con las autorizaciones correspondientes municipales/provinciales previas para el manejo y disposición final de las aguas grises y negras generadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Señalizar todos los sectores - Mantener las condiciones de higiene y limpieza de los baños químicos
Excavación y movimiento de tierras	Afectación de la flora y fauna, y la calidad del suelo y aire. Generación de ruidos		<ul style="list-style-type: none"> - Inspeccionar la presencia de interferencias de distintos tipos de instalaciones enterradas. Solicitar informes/planos a los organismos y empresas correspondientes. En caso de existencia de cañerías, cables o estructuras subterráneas que interfieran con el montaje, se utilizarán detectores de metales y/o de flujos y se realizarán todos los sondeos que se consideren necesarios. - Establecer un cronograma riguroso para que los montículos de tierra no permanezcan demasiado tiempo en la zona - Gestionar el suelo excedente con una empresa autorizada considerando las características peligrosas del mismo. - Cubrir las excavaciones hasta su hormigonado, para evitar voladura de material y accidentes de personal y especies faunísticas - Respetar en todos los casos las distancias de seguridad establecidas en la normativa vigente. Se tendrá especial cuidado con todas las interferencias. - La excavación de los pozos se realizará en forma mecánica, con excavadoras o con zanjadora especial para corte en cada tipo de terreno. - Disponer adecuadamente el suelo y subsuelo de manera que no se mezclen, en aquellas zonas donde se pueda practicar una selección edáfica durante la excavación. - Evitar que las zanjas permanezcan mucho tiempo abiertas, para que las mismas no sean promotoras del escurrimiento pluvial o se conviertan en trampas para la fauna presente en el sitio. Además, no se deberán arrojar residuos o material con restos de combustibles dentro de las mismas, que puedan ocasionar afectaciones en el suelo e indirectamente en la calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas.

	Movimiento de maquinaria pesada y herramientas	Afectación de la Flora, Fauna, Generación de Ruidos y Calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar periódicamente los vehículos previo a la ejecución de las tareas (bombas, conductos, recipientes de fluidos) - Corroborar la documentación de los vehículos y operarios: Verificación técnica vehicular, permisos correspondientes, seguros y licencia de conducir al día - Evitar la circulación innecesaria de los vehículos - Definir vías de circulación que minimicen los ruidos molestos - Cubrir con lona los vehículos que transporten material susceptible de generar voladuras
	Generación y gestión de residuos sólidos y líquidos	Afectación de la flora y fauna, y la calidad del suelo y aire. Generación de ruidos	<ul style="list-style-type: none"> - Confeccionar un procedimiento ante emergencias, y aplicarlo ante eventual contingencia o derrame. Dar aviso a los entes jurisdiccionales correspondientes para actuación inmediata - Dotar los sitios con kits antiderrame y todos los elementos necesarios para la gestión adecuada de insumos y residuos peligrosos - Capacitar al personal para la correcta gestión de los residuos generados, prohibiendo el descarte de sustancias en desagües o suelo
O P E R A C I Ó N	Operación de la planta de tratamiento de efluentes	Generación de ruidos y vibraciones. Afectación de calidad de aire	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer las responsabilidades de cada actor del proyecto - Cumplir con todos los requisitos de seguridad, tales como avisos, comunicación permanente, verificación de uso de elementos de seguridad por el personal, coordinación de equipos
	Mantenimiento y limpieza de instalaciones	Generación de ruidos y vibraciones. Afectación de calidad de aire	<ul style="list-style-type: none"> - Diagramar un plan de inspecciones periódicas para relevar los componentes de la planta de tratamiento de efluentes - Entrenamiento del personal - Establecer un procedimiento de respuesta ante emergencias y/o derrames - Documentar las actividades de limpieza, incluyendo tiempos, residuos generados, etc.

*Observación: Las medidas de mitigación para la acción de gestión de residuos de la etapa de operación son iguales a las planteadas para la misma acción en la etapa de construcción. Se contemplaron únicamente las acciones más relevantes del proyecto en cuanto a sus impactos

8.8 Plan de gestión ambiental

A continuación, se presenta el Plan de Gestión Ambiental (PGA) del proyecto que contiene las medidas de minimización, control y monitoreo de impactos ambientales, tanto de aquellos identificados en el EIA sobre cuya posibilidad de ocurrencia se tiene cierto grado de

certeza, como de aquellos impactos potenciales que son posibles a partir de riesgos o incidentes (contingencias).

Los programas de gestión que constituyen el presente PGA están basados en el cumplimiento de las normas y regulaciones ambientales provinciales y nacionales y las políticas ambientales y de seguridad de la empresa.

El PGA está compuesto por 6 programas que se detallan a continuación:

8.8.1 Programa de Seguimiento y Control (PSC)

El PSC contiene los procedimientos necesarios para minimizar los impactos ambientales potencialmente adversos durante la construcción y la fase de monitoreo. El PSC tiene como finalidad asegurar el cumplimiento de las medidas de mitigación ambiental y evaluar el impacto del proyecto en el medio ambiente durante su construcción y operación.

El PSC será aplicado teniendo en cuenta los resultados específicos obtenidos en la identificación y análisis de impactos ambientales. Las medidas mitigatorias destinadas a la protección ambiental del área de estudio se encuentran especificadas en el Capítulo VI.

Previo a la construcción, se deberá designar un equipo para el monitoreo ambiental que ejecutará el plan de seguimiento propuesto, ajustado a las medidas mitigatorias planteadas. Durante esta etapa, se supervisará y registrará el cumplimiento de las medidas de manera periódica, así como el monitoreo del ruido, la calidad del aire, el agua y el suelo, y la gestión adecuada de los residuos de la construcción y la erosión.

Post construcción se hará una comparación de la situación respecto a la línea de base y se realizará un seguimiento a largo plazo para asegurar que las medidas de mitigación continúen funcionando.

Durante la etapa de operación, se supervisará y registrará el funcionamiento de la planta, y se efectuarán análisis periódicos de la calidad de los recursos, primordialmente del agua y su descarga.

Todo lo anterior deberá ser documentado mediante informes periódicos. Asimismo, se deberá desarrollar un plan de respuesta a incidentes ambientales en caso de vertidos no autorizados, fugas u otros problemas ambientales imprevistos.

Por último, se deberá realizar una evaluación final del impacto ambiental del proyecto una vez que se complete la construcción y la operación a largo plazo. Se documentará y comunicará los resultados a las partes interesadas y autoridades reguladoras.

8.8.2 Programa de capacitación

El PCA, es esencial para asegurar que todas las partes involucradas comprendan los aspectos ambientales y las medidas de mitigación necesarias. La aplicación efectiva del programa se alcanzará a través de la concientización y capacitación de todo el personal afectado a la obra.

Los principales contenidos que deberá incluir el programa son:

- Inducción a temas ambientales generales
- Gestión ambiental
- Normativa ambiental y obligaciones legales
- Impactos ambientales del proyecto
- Plan de respuestas ante emergencias (objetivos, importancia de realizar simulacros)
- Gestión correcta de residuos sólidos y líquidos
- Manejo de sustancias tóxicas
- Manejo de vegetación
- Evaluación de riesgos laborales

La capacitación será brindada tanto a personal de la empresa como a contratistas. Se dictará un encuentro inicial previo al inicio de la obra de construcción, y se reforzarán los contenidos de manera periódica según el cronograma definido. Se deberán llevar registros de capacitación y es esencial la participación de todo el personal vinculante al proyecto.

8.8.3 Programa de seguridad e higiene

El presente Programa de Seguridad e Higiene especificará de forma preliminar las medidas de prevención y recaudos a adoptar, en función de garantizar que las tareas a desarrollarse se ejecuten en forma segura y previniendo la ocurrencia de incidentes o accidentes laborales.

El PSH contiene los procedimientos que deben ser implementados por el personal del proyecto en todo lo relacionado con seguridad, higiene y salud ocupacional. Se deberá diseñar un programa de seguridad, aprobado por la ART y en cumplimiento de las Res. SRT 231/96–51/97–35/98 y Dec. 911 del Ministerio de Trabajo y el “PROCEDIMIENTO 002 PG HSMA” de la empresa que tiene como objetivo principal establecer los requerimientos mínimos que deben cumplir las empresas contratistas y subcontratistas (obras, servicios, etc.) que realizarán tareas en todo el Ámbito de Trenes Argentinos.

Como mínimo el programa deberá contar con un conjunto de procedimientos y normas diseñados para:

- Evaluación de riesgos laborales
- Utilización de elementos de protección personal
- Criterios de seguridad en trabajos y servicios contratados
- Permisos de trabajo
- Observaciones de trabajo
- Observaciones preventivas de seguridad
- Identificación, clasificación y jerarquización de situaciones ambientales
- Simulacros de evacuación

8.8.4 Programa de Responsabilidades y Comunicación (PRC)

Este programa busca garantizar la asignación clara de responsabilidades y una comunicación efectiva entre todas las partes involucradas en el proceso de EIA, incluyendo

autoridades reguladoras, desarrolladores del proyecto, consultores ambientales, la comunidad y otras partes interesadas.

En este sentido, se deberá definir un canal abierto, permanente y efectivo para la comunicación de la planificación y cronograma asociado a la fase de construcción y operación. Este canal habilitará la recepción y resolución de inquietudes y reclamos recibidas por los actores interesados.

Por ser TAO, una operadora del estado, deberá contemplar lo dispuesto en la Ley 25.831, Ley de libre acceso a la información Pública Ambiental. Para dar cumplimiento a esta ley, las partes interesadas externas podrán solicitar información a la empresa mediante la página web vigente, llenando un formulario de Acceso a la Información Pública. El área receptora redirige esta solicitud al área correspondiente mediante GDE (Gestión Documental Electrónica), quien deberá resolver la consulta en un tiempo estipulado, con posibilidad de prórroga. Se realiza la apertura de un expediente y finaliza el circuito con una respuesta en formato de nota al solicitante.

Otro canal de comunicación es el Centro de Atención al Pasajero, por vía telefónica, una línea gratuita que responde a las consultas a la brevedad o derivando al sector correspondiente con plazo determinado, dependiendo de la necesidad del solicitante. Otra alternativa es confeccionar una nota por escrito y dejar en mesa de entrada en la sede social de la empresa (Dirección: Av. Dr. Ramos Mejía 1302, Retiro - CABA.).

Las responsabilidades de cada participante y la estructura jerárquica del proyecto deberán comunicarse y quedar clarificadas y asentadas de manera escrita previo al comienzo de la obra.

8.8.5 Programa de contingencias ambientales (PCO)

El PCO se aplicará en cada situación que sea catalogada como de contingencia y/o emergencia ambiental e implica la preparación de procedimientos de emergencia que puedan ser activados rápidamente ante eventos inesperados. El PCO brindará máxima seguridad al personal de operaciones y a los pobladores del área de influencia.

Este programa, además de cumplir con las reglamentaciones vigentes, implementa y sistematiza medidas de prevención, protección y mitigación para cada una de las actividades realizadas. El PCO contiene evaluaciones rápidas y respuestas inmediatas para toda situación de emergencia generada por accidentes graves que pueden producirse durante los procesos de construcción del proyecto, con el propósito de prevenir impactos a la salud humana, proteger la propiedad en el área de influencia y el medio ambiente.

Entre los objetivos del programa se destaca el cumplimiento de las leyes nacionales, provinciales y municipales, la confección de un procedimiento para los contratistas y trabajadores del proyecto para la prevención, limpieza y reporte de escapes de productos que puedan ocasionar daños al ambiente, y de una guía para la movilización del personal y de los recursos necesarios para hacer frente a la emergencia hasta lograr su control; el control y verificación de los riesgos operativos, evitando su exceso a los riesgos normales de construcción y operación.

Las emergencias que se puedan manejar con un adecuado plan de contingencias se basarán en las siguientes acciones:

- Identificar y reconocer riesgos en salud, seguridad y medio ambiente
- Planificar e implementar acciones en el control y manejo de riesgos.
- Revisar y comprobar la preparación y eficiencia del personal regularmente a través de simulacros y ejercicios.
- Entrenar a todo el personal en lo referente a respuestas a emergencias.
- Disponer de copias completas de los planes de contingencia en los centros de operaciones apropiados, y el personal clave recibirá entrenamiento para implementar las medidas de contingencia.

Las consecuencias potenciales directas que pueden ser generadas por las causas mencionadas serán registradas en un acta de accidente ambiental.

8.8.6 Programa de Auditorías Ambientales

El objetivo básico del Programa de Auditoría Ambiental (PAA) comprende la estructuración y organización del proceso de verificación sistemático, periódico y documentado del grado de cumplimiento de lo establecido en los distintos programas del PGA.

Las auditorías además, representarán un mecanismo para comunicar los resultados al responsable del proyecto y para corregir y/o adecuar los desvíos o no conformidades detectados a los documentos, prácticas y/o estándares estipulados. Por otra parte, el programa de auditoría ambiental sirve como soporte para medir el grado de optimización que las subcontratistas y/o supervisores utilizan para cumplir con los requerimientos.

El método para realizar las inspecciones y auditorías, está basado en la observación, el trabajo práctico y las condiciones de la obra, además de situaciones que causan o contribuyen con accidentes o pérdidas.

Las auditorías ambientales serán realizadas por un auditor individual o por un equipo de auditores habilitados. Para asegurar la objetividad del proceso de auditoría, de sus hallazgos y conclusiones; los miembros del equipo de auditoría serán independientes de las actividades que auditen y del titular del emprendimiento. Las tareas de auditoría ambiental se realizarán desde el inicio de obra y hasta que el emprendimiento se encuentre en régimen de operación regular; y las mismas serán definidas en un Plan General de Auditorías Ambientales, donde se especificarán las fechas posibles de realización. Para evaluar la efectividad del PAA se realizan inspecciones diarias y auditorías.

8.9 Conclusiones de la EIA

Como se puede observar del análisis del presente estudio, la obra y sus distintas etapas como están proyectadas, no presenta impactos negativos significativos sobre el medio ambiente. Los impactos negativos más relevantes se correlacionan con la afectación del hábitat de la fauna, los suelos y la flora, durante la etapa de construcción principalmente. Sin embargo, los estudios precedentes de la situación actual de la zona de influencia directa del proyecto demuestran una afectación del terreno propia de las actividades de la empresa, con

repercusión directa sobre la biota y el suelo, lo que aligera considerablemente el impacto del proyecto de referencia. En cuanto a la calidad del aire y los ruidos, son impactos inherentes a cualquier tipo de construcción.

Si bien existen impactos ambientales negativos, los mismos tendrán en su mayoría una incidencia de bajo nivel o moderado y sus efectos se manifestarán temporalmente, permitiendo en el mediano a corto plazo el restablecimiento de las condiciones ambientales previas al proyecto. Por otro lado, los impactos positivos son perdurables en el tiempo, generando los más relevantes durante la operación, como ser el incremento de la tasa de empleo y el aumento de la actividad económica producto de los insumos requeridos, residuos generados y maquinarias utilizadas en las distintas etapas.

Como síntesis general del presente Estudio de Impacto Ambiental es importante mencionar que no se han detectado problemas ambientales relevantes que invaliden el desarrollo del proyecto que exijan cambios en su ingeniería o en el diseño. A su vez, se considera desde el punto de vista ambiental, técnico y económico, que el sitio seleccionado responde a todas las necesidades para un proyecto de estas características, y que los efectos no deseados del proyecto se atenúan con la instrumentación del Programa de Gestión Ambiental basado en las medidas mitigadoras propuestas y en los Planes definidos.

El ahorro en consumo de agua ronda el 80% del consumo general del predio. En términos semestrales, el ahorro ronda las 5 piletas olímpicas, generando un efecto positivo en el aspecto ambiental, y económico, a largo plazo.

Por todo lo expuesto, y en virtud del análisis ambiental efectuado, se concluye que el proyecto se categoriza como de BAJO IMPACTO AMBIENTAL, y se considera técnicamente, económicamente y ambientalmente VIABLE y COMPATIBLE considerando el entorno donde se llevará a cabo.

CAPÍTULO IX. Conclusiones

Las auditorías periódicas realizadas por el organismo de control (CNRT), conllevan a tomar acción sobre la problemática del vertido de efluentes que provienen del lavado de vehículos ferroviarios y piezas anexas, sin tratamiento previo.

Por medio del presente documento, se logró determinar una configuración óptima de planta de tratamiento de efluentes, con el objetivo de alcanzar los parámetros de salida normados para reusar el agua tratada, en el marco de una crisis hídrica que va en aumento. En este punto, es importante destacar la ausencia de normativa que fije valores límites para parámetros de un efluente cuyo objetivo sea la reutilización del agua residual tratada. Es por ello que se resolvió tomar la legislación existente que define parámetros de agua residual para vuelco en distintos receptores. La normativa utilizada fue la Resolución 336/03 de la Autoridad del Agua, el ANEXO A, B y ANEXO C de la Resolución 283/19 de la ACUMAR y el decreto 847/16 de la provincia de Córdoba. Se compararon dichos valores y seleccionaron aquellos más estrictos, conformando una nueva tabla de valores límites a partir de la integración de la legislación actual. Dicha tabla fue utilizada para diseñar el sistema de tratamiento.

Se integró al sistema el efluente cloacal producido en el predio, entendiendo que el mismo no modifica significativamente el tratamiento.

Este diseño demuestra ser una estrategia efectiva para mejorar la sostenibilidad, reducir la contaminación ambiental y contribuir a la gestión responsable de los recursos hídricos en el sector ferroviario. Este enfoque beneficia tanto al medio ambiente como a la eficiencia operativa, y demuestra un compromiso con las mejores prácticas y la protección del entorno.

Inicialmente, se definieron 2 alternativas técnicamente viables para el caso, cuyas diferencias radican primordialmente en las unidades que focalizan su tratamiento en los parámetros más problemáticos: Alternativa I (CPI + Lodos activos) y Alternativa II (Separador API + Lagunas aireadas). Tras un análisis cuantitativo y cualitativo, a su vez, que factores como las condiciones actuales del predio, los costos, eficiencias de remoción y el espacio disponible fueron definitorios a la hora de elegir la alternativa más propicia para el emplazamiento, siendo

la Alternativa I. Esta se conforma por un sistema de rejas, tanque de grasas y aceites, tanque homogeneizador, para el efluente industrial; un sistema de rejas y tamiz para el efluente cloacal; y en forma conjunta, un lodos activos con su correspondiente sedimentador secundario, y por último un tanque de cloración. El efluente tratado será almacenado en un tanque preexistente en el predio. Adicionalmente, se tratarán los lodos primarios, mediante centrífuga, y secundarios, bolsas filtrantes.

Con el sistema propuesto, se consigue recuperar el efluente tratado y reducir en un 80% el agua que se consume diariamente en el predio. Se resuelve que al término de 6 meses, se ahorra el consumo de agua, equivalente a 5 piletas olímpicas.

En el documento se evalúan los costos asociados a la fase de construcción y puesta en marcha del sistema de tratamiento con un valor de USD 199.412,72, así como también, los costos que devienen de la operación y el mantenimiento continuo de la planta, arrojando un valor mensual de USD 7.029,79. El ahorro en consumo de agua supone un retorno del gasto mensual de USD 1.018, por lo que el costo de operación y mantenimiento resulta en USD 6.011,79.

Luego, se confeccionó el evaluación de impacto ambiental, a los fines de identificar los potenciales impactos positivos, pero por sobretodo, aquellos negativos que el proyecto podría efectuar sobre el entorno natural y social, y en consecuencia delinear un plan de gestión ambiental, para minimizar, mitigar y/o corregir estos efectos.

Finalmente, se resuelve que el proyecto de ejecución de la planta de tratamientos de efluentes es técnica, ambiental y económicamente viable.

En una segunda etapa, sería interesante poder dividir las líneas de efluentes en dos: lavado de formaciones, con mayor influencia de sólidos y carga orgánica, y aquellos provenientes de la limpieza de las piezas, con presencia predominante de grasas, aceites e hidrocarburos. Actualmente, resulta difícil puesto que ambas tareas están enlazadas y se realizan en el mismo lugar.

BIBLIOGRAFÍA

ACUMAR. (s.f.). Guía de Adecuación [PDF]. Recuperado de <https://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/Guia-de-Adecuacion-nueva-v13-DIGITAL.pdf>

ACUMAR (2010) Plan Integral de Saneamiento Ambiental de la Cuenca Matanza Riachuelo. Buenos Aires.

API 421

Andrade Loor, Fernando X., Peña Muñoz, María del Carmen (2017). Optimización energética de las lagunas aireadas de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ucubamba. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

ARTHUR, J.P. (1983): Notes in the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries. (World Bank Technical Paper, 7). Washington: The World Bank.

Astonitas Fernandez, Yulisa Elizabeth (2018). Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa pevastar s.a.c. para disminuir el impacto ambiental. UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

AUGE, Miguel, HIRATA, Ricardo, LOPEZ VERA, Fernando (2004). Vulnerabilidad a la contaminación por nitratos del acuífero puelche en La Plata Argentina. CENTRO DE ESTUDIOS DE AMÉRICA LATINA (CEAL) U.A.M. S.C.H. Buenos Aires, Argentina.

AUGE, Miguel (2006). Hidrogeología de la Ciudad de Buenos Aires. SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO. Serie Contribuciones Técnicas Ordenamiento Territorial N° 6. Buenos Aires, Argentina.

Carrasquero, S.; Terán, K.; Más, M.; Colina, G. & Diaz, A. (2015). Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización. Arbitraria Venezolana del Núcleo Luz-Costa Oriental del Lago. Vol. 10. N°2. pp 122-139

Conesa, V.– Vítora (1997). "Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental". Mundi-Prensa. Madrid, España

De Grande, Pablo; Bonfiglio, Juan y Bullo, Manuela (2020). Estadísticas vitales, 2005-2018. Recuperado el 7 de octubre, 2023, de <https://mapa.poblaciones.org/map/17901>

De Grande, Pablo (2021). Establecimientos educativos, 2021. Recuperado el 7 de octubre, 2023, de <https://mapa.poblaciones.org/map/77801>

DODANE, P.H. y RONTELTAP, M. (2014): Lechos de secado sin plantas. En: STRANDE, L., RONTELTAP, M. y BRDJANOVIC, D. (editores). Manejo de lodos fecales. Un enfoque sistémico para su implementación y operación. Londres (UK): IWA Publishing.

Teixeira, Priscila Cunha (2003). Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água. Dissertação de mestrado apresentado à Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 199p.

BRASILE, P. M. CAVALCANTI (1979), J. G. W. A. Manual de Tratamento de Águas

BURGOS, J. & A. VIDAL (1951). Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thorntwite. Meteoros 1:3-33.

FONAM (2010). Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú.

García, K., Charlón, V., Taverna, M., Walter, E., Arenas, M., Filipone, J. (2012). Evaluación de un tamiz estático para la separación y recuperación de sólidos de los efluentes del tambo. Ambiente e Infraestructura. INTA. Ficha Técnica N° 25. Recuperado de: https://dprs.saputo.com/Content/documents/1/tamiz_estatico.pdf

GUTIERREZ, (2007). Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales

Jafarnejada, S., & Jianga, S. C. (2019). Current technologies and future directions for treating petroleum refineries and petrochemical plants (PRPP) wastewaters. Journal of Environmental Chemical Engineering.

Conagua (2019). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Lagunas Aireadas. Libro 48. Tlalpan, México. Recuperado en: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro48.pdf>

CORTEZ MARTINEZ, F., TREVIÑO CANSINI, A., & TOMASINI ORTIZ, A. C. (2017). Dimensionamiento de lagunas de estabilización (p. 128). IMTA. Recuperado en: https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/dimensiones-lagunas/files/assets/common/downloads/publication.pdf

Edesur. (s.f.). Tarifas: Cuadro tarifario. Recuperado de <https://www.edesur.com.ar/tarifas-cuadro-tarifario/>

Huerta, Salvador Diaz (2003). Propuesta técnica para el tratamiento primario de las aguas residuales generadas en la industria petrolera. Instituto Mexicano del Petróleo. Universidad Nacional Autónoma de México.

H&S Estudio Técnico (2020). Pasivos ambientales generados en la actividad ferroviaria - Taller Remedios de Escalada. Buenos Aires, Argentina.

Martín, Fernando (2012). Estudio para la ampliación de las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales de El Bolsón. Sede Andina - Universidad Nacional de Río Negro.

Metcalf & Eddy (1998). Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. McGraw Hill. 3ª Ed.

Metcalf & Eddy (2003). Wastewater Engineering. Treatment and reuse. McGraw Hill 4ª Ed.

MCCABE et al. (1991), Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, 4ª Ed., McGraw-Hill.

Morales Fiallos, F., Maldonado Narváez, L., & Peñafiel Valla, L. (2022). Estudio de las aguas residuales provenientes del lavado de carros en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador. Investigación Y Desarrollo, 15(1), 147–163. <https://doi.org/10.31243/id.v15.2022.1598>

Monge Sandi, Esther V. (2015). Evaluación técnica del separador API para las aguas oleaginosas del área de producto negro del plantel de RECOPE en el Alto de Ochomogo. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. San José, Costa Rica. Recuperado en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3503/1/38863.pdf>

Narosky, T. y Yzurieta, D. (1993). Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay. Vazquez Mazzini Ed. Buenos Aires.

Nina, Marilyn E. M. (2018). Diseño del sistema de tratamiento para reutilización de aguas residuales en lavado de maquinaria pesada, San Juan de Lurigancho, 2018. Recuperado en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39641/MAMANI_NME.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Noutsopoulos, C., Andreadakis, A., Kouris, N., Charchousi, D., Mendrinou, P., Galani, A., Mantziaras, I., & Koumaki, E. (2018). Greywater characterization and loadings – Physicochemical treatment to promote onsite reuse. Journal of Environmental Management, 216, 337–346. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.094>

Organización Mundial de la Salud OMS (2010). El derecho humano al agua y al saneamiento. Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC). Zaragoza, España.

PALADINO, Gerónimo & JIMENEZ ALCORTA, José Daniel (2012). Plan estratégico territorial Lanús. Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Recuperado el 15-10-2023 de: <https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/planes-loc/BUENOSAIRES/Plan-Estrategico-Lanus.pdf> . Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Paulo, P. L., Begosso, L., Pansonato, N., Shrestha, R. R., & Boncz, M. A. (2009). Design and configuration criteria for wetland systems treating greywater. *Water Science and Technology*, 60(8), 2001–2007. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.542>

PEDICINO, Josefina & DE GRANDE, Pablo (2022). Establecimientos de salud, 2022. Recuperado el 7 de octubre, 2023, de <https://mapa.poblaciones.org/map/147401>

Pereira Machado, F.(2013). Caracterização físico-química dos efluentes líquidos oriundos de uma oficina automotiva: estudo de caso.

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.

SALA, J.M. y HERNÁNDEZ, M.A. (1972). Un método simple para el análisis y pronóstico de avance del frente salino en La Plata, Provincia de Buenos Aires. Seminario Avanzado sobre Desarrollo y Manejo de los Recursos Hídricos Subterráneos. CEA, Gob. Israel, Subsecretaría de Recursos Hídricos. Buenos Aires.

SASTRE, J. (2005). Tecnologías para la Sostenibilidad. Procesos y Operaciones unitarias en Depuración de Aguas Residuales. Editorial: Fundación EOI, Madrid, España.

SANDOVAL, Elia Ruiz. Análisis y metodología de ensayo de seguridad, confort y condiciones de carga de material móvil ferroviario remolcado. Universidad Politécnica de Madrid (2008). Recuperado en: http://oa.upm.es/9836/1/PFC_08402373_Elia_Ruiz_Sandoval.pdf

SPERLING, M. von (2005): Part Three; Stabilization Ponds. In: Sperling, M. von; Lemos Chernicharo, C.A.: *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions Volume 1*. London, 495-646.

SPEZIALE, Federico & PALMA, Juan Cruz (2018). Evaluación ambiental del sitio - Taller Remedios de Escalada. Buenos Aires, Argentina.

Sumio Water. (s.f.). Dimensionamiento de un separador API. Recuperado de <https://sumiowater.com/dimensionamiento-de-un-separador-api/#:~:text=Un%20separador%20API%2C%20en%20t%C3%A9rminos,ser%20denominados%20como%20pilas%20API>

UNATSABAR (2003). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA, Perú.

U.S. EPA (2002). Aerated, partial mix lagoons. EPA Technology Fact Sheet 832-F-02-008. United States Environmental Protection Agency, Office of Water.

U.S. EPA (2011). Principles of design and operations of wastewater treatment pond systems for plant operators, engineers, and managers, EPA/600/R-11/088, publicado por United States Environmental Protection Agency.

Rivera Tena (2016). Assessment of sewage sludge's dehydration processes. Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia de Doña Gofina (Zaragoza). Recuperado en: <https://core.ac.uk/download/pdf/289985503.pdf>

THORNTHWAITE, C W. (1948) – An approach Howard a racional classification of climate. Reprinted from the Geographical Review, XXXVIII: 55-94

Teixeira, R. C. A. (2016). Caracterização físico-química de efluente deUma oficina de veículos ferroviários. Recuperado en: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-AQVRAS>

Tigse, S. (2017). DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PROVENIENTE DEL LAVADO DE AUTOS EN LA LAVADORA “LA UNIÓN” EN EL SECTOR LA JOYA. Recuperado en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26496/1/Tesis%201162%20-%20Guamanquispe%20Tigse%20Santiago%20Javier.pdf>

Tilley E., Ulrich L., Lüthi C., Reymond P., Schertenleib R., Zurbrügg C. (2014), Compendium of Sanitation Systems and Technologies, 2nd Revised Edition, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Switzerland. Recuperado en: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TILLEY%20et%20al%202018.%20Compendio%20de%20sistemas%20y%20tecnolog%C3%ADas%20de%20saneamiento.pdf .

Torres Vazquez, J. & Tosi Murillo, D. (2019). Diseño y elaboración de un prototipo para trampa de grasa aplicable al sector comercial de la ciudad de Cuenca. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador

Water Smart Environmental (1999). “Design Manual and Tutorial Particle/Liquid Separation Systems. Featuring Inclined Corrugated Plates, For Treatment of Process Water, Potable Water & Wastewater”, Kansas.

ANEXOS

ANEXO I - TABLA CONSOLIDADA DE CONTROL DE LÍMITES DE VERTIDO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

- Resolución 283/19 (ANEXO A) - ACUMAR

GRUPO	PARÁMETRO	UNIDAD	TIPO DE VERTIDO		
			COLECTORA CLOACAL	PLUVIAL / CUERPO SUPERFICIAL	ABSORCIÓN SUELO (* Ref.a)
Físico-químicos	Aceites y Grasas (SSEE)	mg/l	≤ 100	≤ 50	≤ 50
	Cianuros destructibles por cloración	mg CN-/l	≤ 0,1	≤ 0,1	(* Ref.b)
	Cianuro total	mg CN-/l	≤ 1,0	≤ 1,0	(* Ref.b)
	DBO ₅ (sobre muestra bruta)	mg O ₂ /l	≤ 200	≤ 30	≤ 200
	Detergentes (SAAM)	mg SAAM/l	≤ 10	≤ 2,0	≤ 2,0
	DQO	mg O ₂ /l	≤ 700	≤ 125	≤ 500
	Fósforo total	mg P/l	≤ 10	≤ 5,0	≤ 10
	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	NE	≤ 35	NE
	Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH ₄ ⁺ /l	≤ 75	≤ 25	≤ 75
	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg NTK/l	≤ 105	≤ 35	≤ 105
	pH	UpH	5,5-10,0	6,5-9,0	6,5-9,0
	Sólidos Sedimentables en 10 min (* Ref.b)	ml/l	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1
	Sólidos sedimentables en 2 hs (* Ref.b)	ml/l	≤ 5,0	≤ 1,0	≤ 5,0
	Temperatura	°C	≤ 45	≤ 45	≤ 45
	Aluminio	mg Al/l	≤ 5,0	≤ 2,0	≤ 1,0
Arsénico total	mg As/l	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,1	
Bario	mg Ba/l	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 1,0	

IF-2019-99517641-APN-DGAMB#A

GRUPO	PARÁMETRO	UNIDAD	TIPO DE VERTIDO		
			COLECTORA CLOACAL	PLUVIAL / CUERPO SUPERFICIAL	ABSORCIÓN SUELO (* Ref.a)
Inorgánicos	Boro	mg B/l	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 1,0
	Cadmio total	mg Cd/l	≤ 0,1	≤ 0,1	(* Ref.c)
	Cinc total	mg Zn/l	≤ 5,0	≤ 2,0	≤ 1,0
	Cloro libre	mg Cl/l	NE	≤ 1,0	(* Ref.c)
	Cobalto	mg Co/l	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 1,0
	Cobre total	mg Cu/l	≤ 2,0	≤ 1,0	(* Ref.c)
	Cromo total	mg Cr/l	≤ 2,0	≤ 2,0	(* Ref.c)
	Cromo hexavalente	mg Cr ⁶⁺ /l	≤ 0,2	≤ 0,2	(* Ref.c)
	Hierro (soluble)	mg Fe/l	≤ 10	≤ 2,0	≤ 0,1
	Manganeso (soluble)	mg Mn/l	≤ 1,0	≤ 0,5	≤ 0,1
	Mercurio total	mg Hg/l	≤ 0,005	≤ 0,005	(* Ref.c)
	Niquel total	mg Ni/l	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 1,0
	Plomo total	mg Pb/l	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1
	Selenio	mg Se/l	≤ 0,1	≤ 0,1	(* Ref.c)
	Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /l	≤ 1000	NE	≤ 1000
	Sulfuros	mg S ²⁻ /l	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 5,0
Sustancias Fenólicas (* Ref.d)	mg/l	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,1	
Orgánicos, biocidas y microbiológicos	Coliformes Fecales	UFC/100ml	NE	≤ 500 (* Ref.e)	≤ 500
	Hidrocarburos Totales (* Ref.f)	mg/l	≤ 30	≤ 30	(* Ref.c)
	Hidrocarburos volátiles (* Ref.g)	mg/l	≤ 1	≤ 1	≤ 1
	Aldrin (* Ref.h)	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01

IF-2019-99517641-APN-DGAMB#A

- Resolución 336/03 - ADA

GRUPO	PARAMETRO	UNIDAD	CODIGO TÉCNICA ANALITICA	LIMITES PARA DESCARGAR A:			
				Colectora Cloacal	Cond. Pluv. o cuerpo de agua superficial	Absorción por el suelo (h)	Mar Abierto
I	Temperatura	°C	2550 B	≤45	≤45	≤45	≤45
	pH	upH	4500 H+ B	7,0-10	6,5-10	6,5-10	6,5-10
	Sólidos Sedim 10 Min (2)	ml/l	Cono Imhoff	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Sólidos Sedimen 2 Horas (2)	ml/l	Cono Imhoff	≤5,0	≤1,0	≤5,0	≤5,0
	Sulfuros	mg/l	4500 S=D	≤2,0	≤1,0	≤5,0	NE (c)
	S.S.E.E. (1)	mg/l	5520 B (1)	≤100	≤50	≤50	≤50
	Cianuros	mg/l	4500 CN C y E	≤0,1	≤0,1	Ausente	≤0,1
	Hidrocarburos Totales	mg/l	EPA 418.1 ó ASTM3921-85	≤30	≤30	Ausente	≤30
	Cloro Libre	mg/l	4500 Cl G (DPD)	NE	≤0,5	Ausente	≤0,5
Coliformes Fecales (f)	NMP/100ml	9223 A	≤20000	≤2000	≤2000	≤20000	

II	D.B.O.	mg/l	5210 B	≤200	≤50	≤200	≤200
	D.Q.O.	mg/l	5220 D	≤700	≤250	≤500	≤500
	S.A.A.M.	mg/l	5540 C	≤10	≤2,0	≤2,0	≤5,0
	Sustancias ferolicas	mg/l	5530 C	≤2,0	≤0,5	≤0,1	≤2,0
	Sulfatos	mg/l	4500 SO4 E	≤1000	NE	≤1000	NE
	Carbono orgánico total	mg/l	5310 B	NE	NE	NE	NE
	Hierro (soluble)	mg/l	3500 Fe D	≤10	≤2,0	≤0,1	≤10
	Manganeso (soluble)	mg/l	3500 Mn D	≤1,0	≤0,5	≤0,1	≤10

IV	Nitrógeno total (d)	mg/l	4500 N org B (NTK)	≤105	≤35	≤105	≤105
	Nitrógeno Amoniacal (d)	mg/l	4500 NH3+F	≤75	≤25	≤75	≤75
	Nitrógeno Orgánico (d)	mg/l	4500 N org B	≤30	≤10	≤30	≤30
	Fósforo Total (d)	mg/l	4500 PC	≤10	≤1,0	≤10	≤10

ANEXO II - Cronogramas de lavado

Cronograma de trabajo de un operario que realiza la limpieza de las formaciones, cuya jornada laboral abarca 6 horas. Volumen de agua utilizado en cada actividad.

Hora de trabajo	Limpieza de formaciones	Agua utilizada (Lts)
0	Ubicación de formación y Preparación de elementos	0
0-0.30	Enjuague inicial	8000
0.30-1.00	Aplicación de detergente y cepillado	1000
1.00-1.30	Enjuague final	9000
1.30-2.00	Secado y preparación de otra formación	0
2.00-2.30	Enjuague inicial	8000
2.30-3.00	Aplicación de detergente y cepillado	1000
3.00-3.30	Enjuague final y secado	9000
3.30-4.00	Descanso	0
4.00-4.30	Ubicación de formación y Enjuague inicial	8000
4.30-5.00	Aplicación de detergente y cepillado	1000
5.00-5.30	Enjuague final	9000
5.30-6.00	Secado y traslado fuera de la plataforma	0

Cronograma de trabajo de un operario que realiza la limpieza de piezas, cuya jornada laboral abarca 6 horas. Volumen de agua utilizado en cada actividad.

Hora de trabajo	Limpieza de piezas	Agua utilizada (Lts)
0	-	
0-0.30	-	
0.30-1.00	Traslado de bogie a zona de lavado	0
1.00-1.30	Enjuague inicial	200
1.30-2.00	Limpieza con producto	0
2.00-2.30	Enjuague final	150

2.30-3.00	Soplado con aire a presión y traslado fuera del sector	0
3.00-3.30		
3.30-4.00	Traslado de bogie a zona de lavado	0
4.00-4.30	Enjuague inicial	200
4.30-5.00	Limpieza con producto	0
5.00-5.30	Enjuague final	150
5.30-6.00	Soplado con aire a presión y traslado fuera del sector	0

ANEXO III - Gráfico utilizado para determinar la concentración de barros en las rejillas a partir de la abertura entre barras

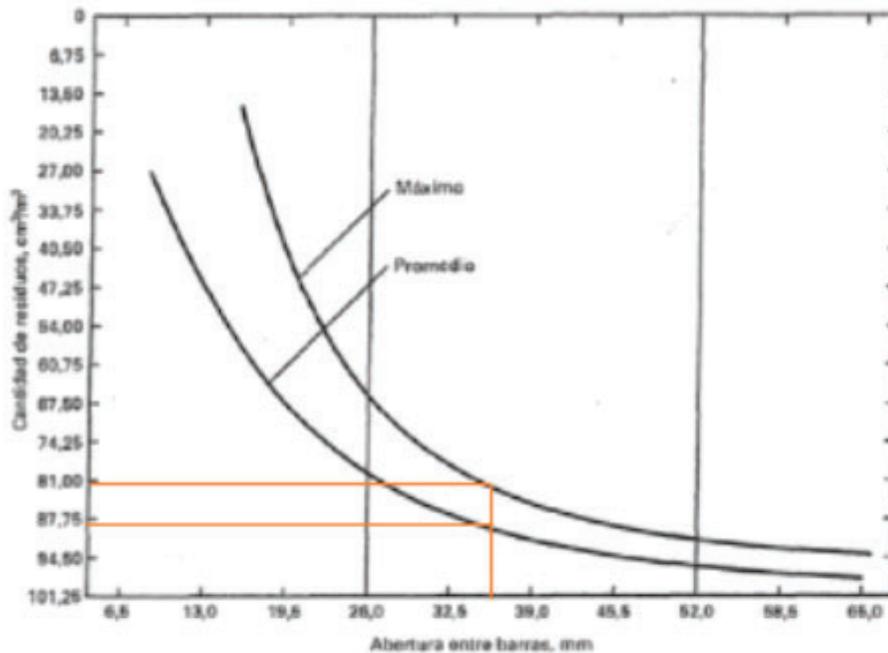


FIGURA 9-4

men medio y máximo de residuos recogidos por unidad de volumen de agua residual en función del tamaño de las aberturas libres entre barras [20].

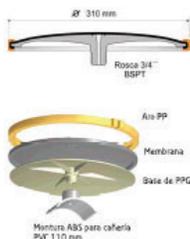
ANEXO IV - Catálogo de la marca REPICKY de difusores de burbuja fina/groesa y sopladores actuando como compresores



Información Técnica

Los difusores de membrana Repicky se fabrican en dos versiones, de burbuja fina y de burbuja gruesa.

Los primeros, modelo RG-300 con miles de microperforaciones, permiten obtener valores muy altos de transferencia de O₂ siendo ideales para su instalación en los reactores aeróbicos de las plantas de tratamiento de efluentes, tanto industriales como cloacales.



Para otros diámetros o materiales de cañerías consultar el tipo de adaptador.

Por otra parte los difusores de burbuja gruesa modelo CB-300, se utilizan en tanques de equalización, digestores aeróbicos y también en cámaras de aireación de efluentes con muy baja demanda de O₂ (DBO).

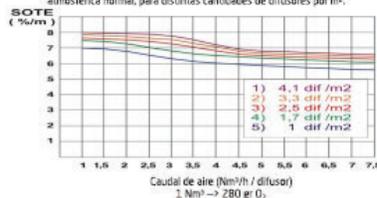
Consulte por nuevos materiales disponibles para su efluente industrial.

Difusor de burbuja fina | RG-300

Rango de caudal:	2 a 8 Nm ³ /hora
Caudal de diseño:	5 Nm ³ /hora
Pérdida de carga:	20 mbar para 2 Nm ³ /hora 40 mbar para 5 Nm ³ /hora 70 mbar para 8 Nm ³ /hora
Densidad:	1 a 6 difusores/m ²
SOTE:	15,4 gr. (5,5%) a 22,4 gr. (8%) por m ³ /h de aire y por m de profundidad.
Eficiencia de transferencia de O ₂ :	2,5 – 6 Kg. O ₂ /KWh



Transferencia de O₂ para el modelo RG-300 por metro de profundidad en función del caudal de aire por difusor (m³/h) a 20 °C, agua limpia y presión atmosférica normal, para distintas cantidades de difusores por m².



La membrana de EPDM o Acrilo nitrilo de ambos modelos, permite operar en forma intermitente, sin que ingrese líquido a las cañerías sumergidas facilitando el arranque de los sopladores de aire.

Difusor de burbuja gruesa | CB-300

Rango de caudal:	3 a 25 Nm ³ /hora
Caudal de diseño:	10 Nm ³ /hora
Pérdida de carga:	20 mbar para 3 Nm ³ /hora 40 mbar para 10 Nm ³ /hora 70 mbar para 25 Nm ³ /hora
Densidad:	0,5 a 3 difusores/m ²
SOTE:	5,1 gr. (1,8%) a 7,4 gr. (2,6%) por m ³ /h de aire y por m de profundidad.
Eficiencia de transferencia de O ₂ :	0,8 – 2 Kg. O ₂ /KWh



Tabla de Selección de Sopladores trabajando como Compresor

Los valores indicados con una tolerancia de +/- 5 %, tanto de caudal de aspiración como de potencia del cabezal sin accesorios, corresponden a presión atmosférica normal P= 1013 mbar y temperatura de admisión del aire T = 20°C.
Para otros gases y/o condiciones operativas, consultar.



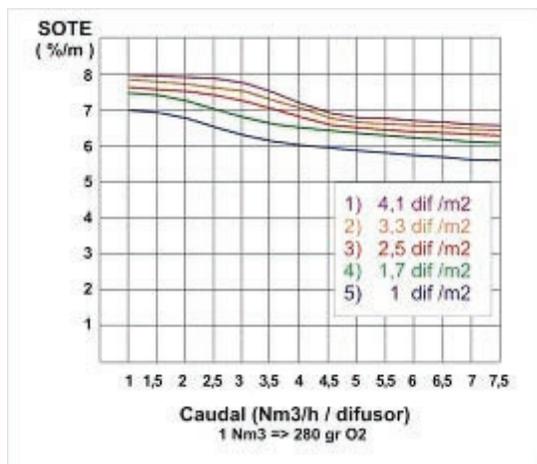
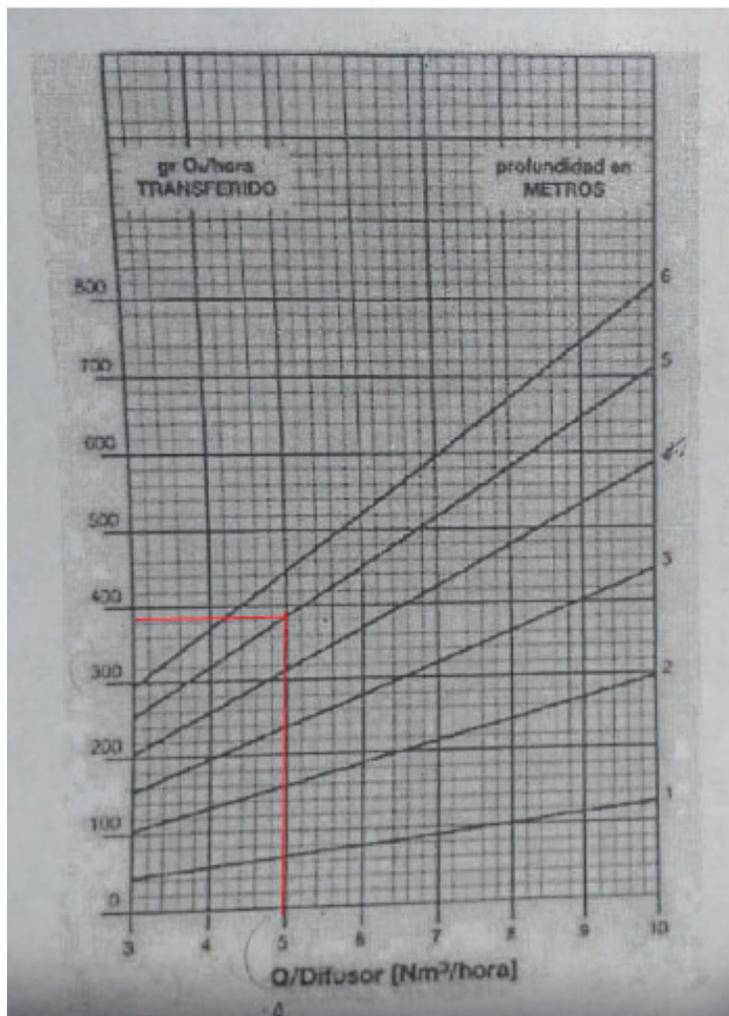
Modelo	RPM	100		200		300		400		500		600		700		800		900		1000			
		Q m³/h	P HP																				
R100	1450	234	0,4	233	0,5	10	0,7	13,7	0,9														
	2250	54	0,6	47,5	0,8	42,2	1,1	30,1	1,4	34,3	1,6	30,8	1,8										
	4500	74	0,7	67,3	1,1	62,2	1,4	57,3	1,6	54,1	2,0	50,6	2,3	47,4	2,7								
R200	1450	69	0,6	52	0,9	49,3	1,3	35,9	1,6														
	2250	112	0,9	101	1,4	92,1	1,9	66,6	2,4	78,1	2,9	72,1	3,4										
	4500	152	1,2	140	1,8	132	2,4	124	3,1	118	3,8	112	4,5	106	5,1	101	5,7						
R300	1450	249	1,7	238	2,8	223	3,8	222	4,9	215	5,8	209	6,9	204	7,9								
	2250	49	0,6	40	1,1	35	1,5	30	1,9	24	2,4												
	4500	110	1,2	106	2,0	105	3,0	176	3,9	168	4,8	161	5,6	154	6,5	148	7,5						
R500	1450	342	1,8	328	3,2	318	4,7	300	6,0	301	7,4	293	8,7	286	10,2								
	2250	241	1,5	275	2,5	271	3,6	200	4,6	192	5,6	181	6,7	173	7,8								
	4500	322	1,9	306	3,3	292	4,6	281	5,9	271	7,3	262	8,6	254	10,0	246	11,3						
R600	1450	521	3,0	504	5,0	491	7,1	480	9,2	470	11,3	461	13,4	452	15,4								
	2250	185	1,2	158	2,1	138	3,0	120	3,9	105	4,9												
	4500	259	1,8	239	3,3	272	4,7	255	6,1	239	7,5	225	8,9	212	10,3								
R1000	1450	429	2,4	420	4,2	382	6,0	364	7,9	349	9,7	335	11,4	321	13,3								
	2250	638	3,7	592	6,5	551	9,3	516	12,1	478	14,9	441	17,8	404	20,7								
	4500	827	5,0	775	8,8	725	12,6	676	17,1	629	23,5	584	30,4	541	37,3								
R1200	1450	237	2,0	275	3,3	258	4,6	245	5,8	232	7,2	221	8,4	210	9,7								
	2250	487	3,1	466	5,1	448	7,1	435	9,1	422	11,1	411	13,1	400	15,0	390	17,1	381	19,0				
	4500	641	4,0	620	6,6	603	9,1	589	11,7	577	14,3	565	16,8	555	19,4	545	21,9	535	24,5	527	27,1		
R1500	1450	974	5,9	959	8,0	936	10,8	922	17,4	910	21,1	896	24,9	888	28,7	878	32,6	868	36,4				
	2250	439	2,5	407	4,4	387	6,2	370	8,1	355	9,8	341	11,8	329	13,5	317	15,3						
	4500	592	3,5	577	6,0	557	8,6	540	12,4	525	15,2	512	18,0	500	21,0	487	23,8						
R2000	1450	922	5,0	897	8,7	877	12,4	860	16,0	845	19,7	831	23,3	819	27,0								
	2250	1395	7,6	1370	13,0	1350	18,3	1333	23,8	1318	29,2	1304	34,5	1292	40,0								
	4500	1891	10,5	1863	18,3	1840	23,8	1820	30,9	1803	38,3	1788	46,0	1774	54,1	1761	62,0						
R2500	1450	901	6,2	887	10,1	870	14,1	857	18,0	847	21,9	839	25,9	830	29,8	823	33,8	816	37,7	809	41,7		
	2250	1269	8,0	1253	13,1	1236	18,1	1220	23,2	1203	28,3	1184	33,4	1167	38,4	1151	43,6	1135	48,6	1119	53,7		
	4500	1523	9,5	1489	15,3	1461	21,2	1430	27,3	1391	31,2	1352	37,3	1305	43,7	1259	49,8	1214	55,3	1170	61,1		
R3000	1450	892	5,1	880	8,8	858	12,5	848	16,2	838	19,8	830	23,5	823	27,2	816	30,8						
	2250	1437	8,0	1395	13,7	1362	18,4	1333	25,0	1308	30,7	1285	36,5	1264	42,2	1244	47,8						
	4500	1881	10,3	1838	17,6	1805	24,9	1776	32,3	1751	38,7	1728	46,3	1707	54,3	1688	61,7						
R4000	1450	2222	12,0	2179	20,7	2146	29,3	2117	37,8	2126	47,1	2089	55,1	2048	63,7								
	2250	1249	7,5	1233	13,3	1170	19,2	1139	25,1	1105	31,0	1070	36,8										
	4500	1665	11,6	1603	20,7	1540	28,8	1485	38,3	1430	48,0	1380	57,1	1330	66,0	1280	75,0						
R5000	1450	3147	17,5	3020	31,3	3046	45,2	3020	58,3	2976	72,5												
	2250	1649	7,4	1212	12,5	1168	17,8	1131	22,9	109	28,1	1056	33,3	1041	38,5	1018	43,7	990	48,8				
	4500	2037	11,4	1981	18,5	1937	27,5	1900	35,5	1867	43,8	1837	51,6	1804	59,7	1768	67,7	1758	75,8	1736	83,8		
R6000	1450	2517	14,0	2462	23,8	2418	33,7	2381	43,5	2348	53,3	2318	63,1	2290	72,8	2264	82,7	2240	92,6				
	2250	1707	9,2	1626	16,2	1562	23,3	1508	30,3	1461	37,2	1418	44,9	1377	51,3	1340	58,4						
	4500	2097	11,1	2016	18,6	1959	28,0	1893	36,6	1851	45,0	1808	53,4	1766	61,0	1731	70,4						
R7000	1450	2749	14,3	2667	25,1	2605	36,1	2551	46,3	2509	57,3	2460	68,2	2420	78,8	2382	89,6						
	2250	3480	17,5	3318	30,7	3256	44,1	3202	57,4	3144	70,7	3111	84,1	3071	97,4	3033	111						
	4500	4104	12,2	3940	22,2	3840	32,2	3750	42,3	3670	52,3	3592	62,4										
R8000	1450	2467	14,7	2388	26,9	2318	38,9	2254	51,2	2190	63,1	2130	75,1										
	2250	3897	18,3	3768	34,5	3658	50,1	3583	65,6	3520	81,2	3440	96,7										
	4500	4827	23,2	4638	42,2	4538	61,2	4513	80,2	4438	99,2	4370	118										
R10000	1450	1676	9,4	1600	16,3	1539	23,2	1488	30,1	1442	36,9	1400	43,7	1363	50,6	1326	57,5	1293	64,4	1264	71,3		
	2250	2510	13,6	2432	23,8	2372	33,6	2322	43,5	2274	53,4	2233	63,4	2191	73,5	2150	83,4	2126	93,4	2094	103		
	4500	3065	18,4	2987	28,4	2927	40,5	2875	52,6	2830	64,6	2788	76,6	2750	88,7	2714	101	2681	113	2648	125		
R15000	1450	2804	20,2	2728	34,9	2667	49,8	2616	64,5	2570	79,3	2528	94,1	2490	109	2454	124	2421	139				
	2250	4100	28,1	3981	48,1	3881	68,1	3791	88,1	3711	108,1	3631	128,1	3571	148,1	3521	168,1	3481	188,1	3441	208,1		
	4500	4940	37,1	4821	67,1	4721	87,1	4631	107,1	4551	127,1	4481	147,1	4421	167,1	4371	187,1	4321	207,1	4271	227,1		
R20000	1450	4131	28,6	4018	50,8	3918	72,8	3828	94,8	3748	116,8	3678	138,8	3618	160,8	3568	182,8	3518	204,8	3468	226,8		
	2250	6129	39,5	5925	69,5	5745	99,5	5585	129,5	5445	159,5	5315	189,5	5165	219,5	4995	249,5	4835	279,5	4675	309,5		
	4500	7429	51,4	7169	91,4	6929	121,4	6709	151,4	6509	181,4	6329	211,4	6169	241,4	6029	271,4	5889	301,4	5749	331,4		
R30000	1450	5460	38,4	5260	68,4	5080	98,4	4920	128,4	4780	158,4	4650	188,4	4540	218,4	4440	248,4	4350	278,4	4260	308,4		
	2250																						

ANEXO V- Catalogo del proveedor AQUAENERGY SOLUCIONES TECNICAS
(<https://aquaenergy.es/producto/tamiz-estatico-modelos/>)
https://cidta.usal.es/cursos/simulacion/modulos/libros/Uni_05/DESBASTE.PDF

Modelos	Caudales (m ³ /h)				
	0,25	0,50	0,75	1	2
TES-12600	15	22	27	31	43
TES-12800	21	30	36	42	56
TES-121200	32	45	54	63	85
TES-15600	22	31	38	44	58
TES-15800	27	40	48	55	75
TES-151200	41	60	72	83	113
TES-20600	29	42	50	59	79
TES-20800	40	56	67	78	105
TES-201200	59	84	108	118	158

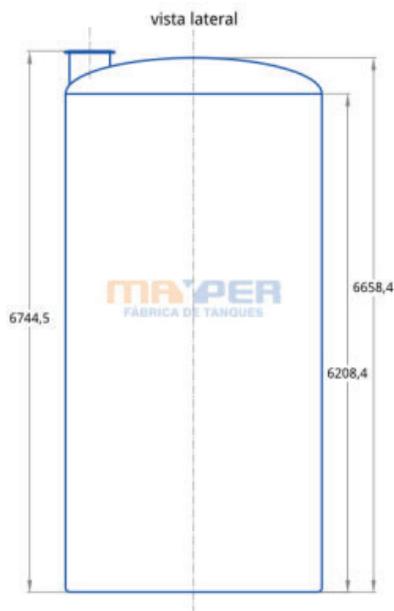
ANEXO VI- Tablas de diseño de difusores de aire (Repicky)

Capacidad de transferencia de oxígeno en condiciones std. en función de la profundidad y del caudal de aire para un difusor por m²

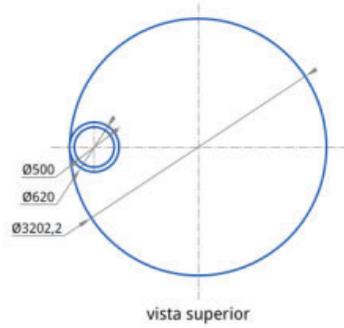


Curva de transferencia de oxígeno

Anexo VII - Ficha técnica tanque de almacenamiento de agua



Medidas de Referencia 50.000 L.



MAYPER
FÁBRICA DE TANQUES

Bv. Lisandro de la Torre 93 · Tel/Fax: (03406) 440974 / 442358
(2451) San Jorge · Santa Fe · Argentina
e-mail: info@mayper.com.ar · www.mayper.com.ar

ANEXO VIII - Propiedades físicas del agua a 1 bar (API 421)

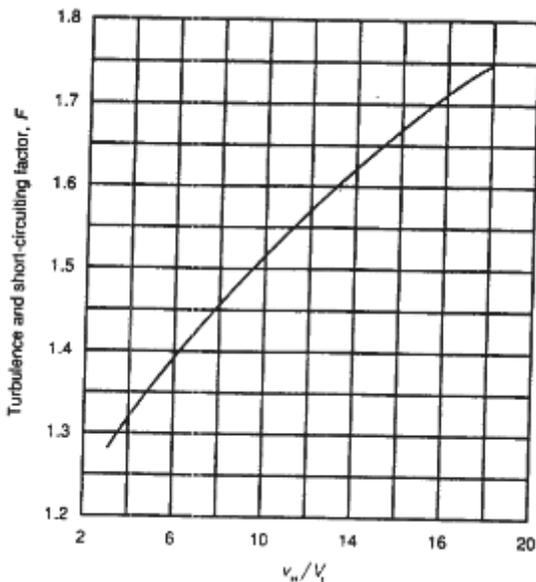
Temperatura °C	Peso específico γ , kN/m ³	Densidad ^b ρ , kg/m ³	Módulo de elasticidad ^b $E/10^6$, kN/m ²	Viscosidad dinámica $\mu \times 10^3$, N·s/m ²	Viscosidad cinemática $\nu \times 10^6$, m ^{2/s}	Tensión superficial ^c σ , N/m	Presión de vapor P_v , kN/m ²
0	9,805	999,8	1,98	1,781	1,785	0,0765	0,61
5	9,807	1.000,0	2,05	1,518	1,519	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	2,10	1,307	1,306	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	2,15	1,139	1,139	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	2,17	1,002	1,003	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	2,22	0,890	0,893	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	2,25	0,798	0,800	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	2,28	0,653	0,658	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	2,29	0,547	0,553	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	2,28	0,466	0,474	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	2,25	0,404	0,413	0,0644	31,16
80	9,530	971,8	2,20	0,354	0,364	0,0626	47,34
90	9,466	965,3	2,14	0,315	0,326	0,0608	70,10
100	9,399	958,4	2,07	0,282	0,294	0,0589	101,33

^a Adaptado de la bibliografía [2].

^b A presión atmosférica.

^c En contacto con el aire.

Factor de corrección (F) vs relación entre velocidad longitudinal y ascensional

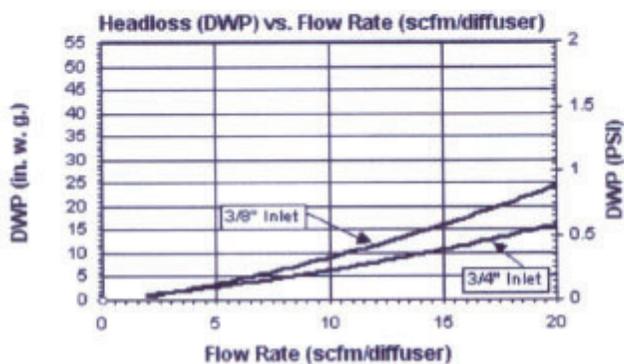


ANEXO IX - Información Técnica de difusores del tipo diafragma

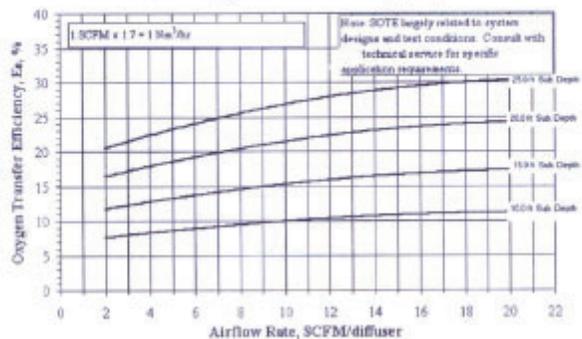
HYDRO-CEAL™ COARSE BUBBLE AIR DIFFUSER



General Performance Curves



General Oxygen Transfer Efficiency (OTE) Curves



ANEXO X - Ficha técnica aireadores superficiales AQUAFEN

	PUISANCE INSTALLÉE POWER OUTPUT	KW CV	1,5	2,2	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55			
			2	3	5,5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	60	75			
AQUAFEN 1500	Vitesse de rotation en t/mn Rotation speed [rpm] Velocidad de rotación en rpm		1390	1430	1430	1430	1440	1465	1460	1470	1470	1475	1480	1480	1480	1480		
	Dimensions mini du bassin Basin Ø [minimum] Dimensiones mínimas del tanque		3	3,8	4,8	5,5	6	7	8	8,6	9,5	10,6	12	13	13	13		
	Dimensions maxi du bassin Basin Ø [maximum] Dimensiones máximas del tanque		13	15	17	18	2	25	30	35	37	40	45	50	53	53	53	
	Niveau mini du liquide Minimum liquid level (1) Nivel mínimo del líquido		0,6		0,7		0,8		1		1,1		1,3		1,4		1,5	
	Niveau mini du liquide Minimum liquid level (2) Nivel mínimo del líquido		1,6		1,8		2		2,2		2,4		2,6		2,8		3	
	Niveau maxi du liquide Maximum liquid level (3) Nivel máximo del líquido		2,5			3,7			3,9			4,2		4,4		4,8		5
	Ø de la nappe de projection Ø of the spray Ø de la capa de proyección		2	2,2	3	4,5	5,5	6		7,5		8,5		9				
	Masse moyenne en kg** Average weight (kg) Masa media en kg**		160	160	190	200	240	290	300	360	400	630	740	770	770	920	920	
	Ø du flotteur en mm Ø of the flotation unit Ø del flotador en mm		1500				1900				2320							



ANEXO XI - Comparativa costos selección alternativas - Inversión inicial

Alternativa II

Costos selección	Unidad	Cantida	Costo unitario	Costo total
PRELIMINARES DE OBRA				59.319.607,95
Limpieza inicial terreno; retiros g	m ²	2000	891.2808606	1782561,721
Obrador, construcciones proviso	m ²	20	38895,73365	777914,673
Cerco de Obra	m	440	10869,4952	4782577,886
Cartel de Obra	m ²	2000	24961,14283	49922285,67
Nivelación y replanteo de obra	m ²	2000	1027,134	2054267,999
ESTRUCTURAS				120.911.961,78
TRATAMIENTO PRIMARIO				44.570.411,87
Separador API				44.570.411,87
Zapata corrida muros H ² cascotes	m ³	40,00	55.651,01	2.226.040,38
Zapata corrida muros H ² A ²	m ³	40,00	89.528,16	3.581.126,36
Bases H ² A ² - H21/50kg	m ³	40,00	117.578,96	4.703.158,36
Columnas H ² A ² - H21/90kg	m ³	40,00	199.905,40	7.996.216,11
Vigas H ² A ² - H21/120kg	m ³	40,00	258.030,95	10.321.238,02
Encadenado H ² A ² - H21/65kg	m ³	40,00	173.333,38	6.933.335,12
Losa H ² A ² macizas H21/60kg	m ³	40,00	180.072,44	7.202.897,52
Cadenas barrelados, piñones y p m		52,00	700	36.400,00
Motorreductor	un	1,00	70000	70.000,00
Skimmer	un	1,00	1500000	1.500.000,00
TRATAMIENTO SECUNDARIO + ALMACENAMIENTO FINAL				76.003.878,52
Laguna aireada mecanicamente				42.083.480,22
Movimiento de tierra (Suelo limoso densidad: 1,45 kg/l) - Excavación a máquina para subsuelo	m ³	875,61	7107,38	6.223.277,57
Disposición de tierra contaminada	kg	1.576,00	439,00	691.905,31
Requerimiento de geomembrana	m ³	875,61	16526	14.470.294,98
Requerimiento de geotextil	m ³	875,61	15556	13.620.955,39
Requerimiento de capa de arcilla	m ³	875,61	6000	5.253.646,97
Difusor de membrana gruesa	un	20,00	16170	323.400,00
Soplador	un	2,00	400000	800.000,00
Instalaciones electricas	un	1,00	700000	700.000,00
Laguna de sedimentación				27.661.475,31
Movimiento de tierra (Suelo limoso densidad: 1,45 kg/l) - Excavación a máquina para subsuelo	m ³	792,00	7107,38	5.629.044,96
Disposición de tierra contaminada	tn	1.425,61	439	625.838,40
Requerimiento de geomembrana	m ²	617,04	16526	10.197.223,85
Requerimiento de geotextil	m ²	617,04	15556	9.598.693,83
Requerimiento de capa de arcilla	m ²	185,11	6000	1.110.674,27
TRATAMIENTO Terciario				128.516,40
Cámara de cloración				128516,4
Volumen de hormigon armado	m ³	2	22153	44306
Movimiento de tierra (Suelo limoso densidad: 1,45 kg/l) - Excavación a máquina para subsuelo	m ³	5	16526	82630
Disposición de tierra contaminada	tn	3,6	439	1580,4
TRATAMIENTO DE LODOS				209.155,00
Playa de secado				209.155,00
Cama de arena fina	m ³	17,00	6000	85.340,00
Cama de Arena Gruesa	m ³	5,00	5020	25.100,00
Cama de Grava de 1/4" (fina)	m ³	5,00	8052	40.260,00
Cama de Grava Base 3/4" (Medi	m ³	5,00	9587	47.935,00
Cama de Grava Base 2" (Grues	m ³	10,00	1052	10.520,00
TOTAL				180.231.569,73

Alternativa I

Costos selección	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
PRELIMINARES DE OBRA				5.353.323,09
Limpieza inicial t	m2	150	891,2808606	133692,1291
Obrador, constru	m2	20	38895,73365	777914,673
Cerco de Obra	m	50	10869,4952	543474,7598
Cartel de Obra	m2	150	24961,14283	3744171,425
Nivelación y repl	m2	150	1027,134	154070,1
ESTRUCTURAS				42.426.958,00
TRATAMIENTO PRIMARIO				5.551.594,40
CPI				5.551.594,40
Tanque		1,00	5.500.000,00	5.500.000,00
Hormigón armado	m2	4	12898,6	51594,4
Tratamiento secundario + desinfección				35.206.377,60
Sistema modular				35.000.000,00
Hormigón armado	m2	16,00	12898,6	206.377,60
TRATAMIENTO DE LODOS				528.695,80
Bolsas filtrantes				528.695,80
ESTRUCTURAS				490.000,00
Hormigón armado	m2	3	12898,6	38695,8
ALMACENAMIENTO FINAL				1.140.290,20
Tanque cisterna				1.140.290,20
Tanque		1,00	1.050.000,00	1.050.000,00
Hormigón armado m2				90290,2
Hormigón armado m2				90290,2
TOTAL				47.780.281,09

Comparativa costos selección alternativas - Operación y mantenimiento

Alternativa II

Operación y mantenimiento - Alternativa II				
Costos selección	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Consumo electrico				
Cargo fijo	\$/mes		\$21.063,35	\$21.063,35
Cargo fijo por potencia contratada	\$/KW-mes		\$1.455,49	\$436.647,00
Cargo fijo por potencia adquirida	\$/Kw-mes		\$62,43	\$18.729,00
Carga variable Pico	\$/Kwh		\$18,54	\$11.356,38
Carga variable Resto	\$/Kwh		\$18,47	\$27.155,36
Carga variable Valle	\$/Kwh		\$18,41	\$15.784,89
4. Gestion de lodos				
Disposicion	m3/mes	15,024	\$1.250,00	\$18.779,59
Transporte	m3/mes	15,024	\$25.000,00	\$375.591,71
Insumos				
Hipoclorito de sodio	L/mes	180	\$1.500,00	\$270.000,00
Otros insumos	L/mes		\$100.000,00	\$100.000,00
Costo Total				\$1.295.107,28
Costo por m3 efluente				\$381,56

Alternativa I

Operación y mantenimiento - Alternativa I				
Costos selección	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Consumo eléctrico				
Cargo fijo	\$/mes		\$21.063,35	\$21.063,35
Cargo fijo por potencia contratada	\$/KW-mes		\$1.455,49	\$436.647,00
Cargo fijo por potencia adquirida	\$/Kw-mes		\$62,43	\$18.729,00
Carga variable Pico	\$/Kwh		\$18,54	\$11.137,46
Carga variable Resto	\$/Kwh		\$18,47	\$26.631,88
Carga variable Valle	\$/Kwh		\$18,41	\$15.480,60
Gestion de lodos				
Disposicion	m3/mes	20.797	\$1.250,00	\$25.996,71
Transporte	m3/mes	20.797	\$25.000,00	\$519.934,26
Insumos				
Bolsas filtrantes	un/mes	20	\$4.900,00	\$98.000,00
Placas	paquete/año	2	\$350.000,00	\$58.333,33
Insumos				
Hipoclorito de sodio	L/mes	180	\$1.500,00	\$270.000,00
Otros insumos	L/mes		\$100.000,00	\$100.000,00
Costo Total x mes				\$1.601.953,61
Costo por m3 efluente				\$471,96

ANEXO XII - Tuberías parcialmente llenas

Relaciones geométricas para tuberías parcialmente llenas

$\frac{Y}{\phi}$	$\frac{A}{\phi^2}$	$\frac{P}{\phi}$	$\frac{R}{\phi}$	$\frac{Y}{\phi}$	$\frac{A}{\phi^2}$	$\frac{P}{\phi}$	$\frac{R}{\phi}$
0,01	0,0013	0,2003	0,0066	0,51	0,4027	1,5908	0,2531
0,02	0,0037	0,2838	0,0132	0,52	0,4127	1,6108	0,2562
0,03	0,0069	0,3482	0,0197	0,53	0,4227	1,6308	0,2592
0,04	0,0105	0,4027	0,0262	0,54	0,4327	1,6509	0,2621
0,05	0,0147	0,4510	0,0326	0,55	0,4426	1,6710	0,2649
0,06	0,0192	0,4949	0,0389	0,56	0,4526	1,6911	0,2676
0,07	0,0242	0,5355	0,0451	0,57	0,4625	1,7113	0,2703
0,08	0,0294	0,5735	0,0513	0,58	0,4724	1,7315	0,2728
0,09	0,0350	0,6094	0,0575	0,59	0,4822	1,7518	0,2753
0,10	0,0409	0,6435	0,0635	0,60	0,4920	1,7722	0,2776
0,11	0,0470	0,6761	0,0695	0,61	0,5018	1,7926	0,2799
0,12	0,0534	0,7075	0,0755	0,62	0,5115	1,8132	0,2821
0,13	0,0600	0,7377	0,0813	0,63	0,5212	1,8338	0,2842
0,14	0,0668	0,7670	0,0871	0,64	0,5308	1,8546	0,2862
0,15	0,0739	0,7954	0,0929	0,65	0,5404	1,8755	0,2881
0,16	0,0811	0,8230	0,0986	0,66	0,5499	1,8965	0,2900
0,17	0,0885	0,8500	0,1042	0,67	0,5594	1,9177	0,2917
0,18	0,0961	0,8763	0,1097	0,68	0,5687	1,9391	0,2933
0,19	0,1039	0,9021	0,1152	0,69	0,5780	1,9606	0,2948
0,20	0,1118	0,9273	0,1206	0,70	0,5872	1,9823	0,2962
0,21	0,1199	0,9521	0,1259	0,71	0,5964	2,0042	0,2975
0,22	0,1281	0,9764	0,1312	0,72	0,6054	2,0264	0,2987
0,23	0,1365	1,0004	0,1364	0,73	0,6143	2,0488	0,2998
0,24	0,1449	1,0239	0,1416	0,74	0,6231	2,0715	0,3008
0,25	0,1535	1,0472	0,1466	0,75	0,6319	2,0944	0,3017
0,26	0,1623	1,0701	0,1516	0,76	0,6405	2,1176	0,3024
0,27	0,1711	1,0928	0,1566	0,77	0,6489	2,1412	0,3031
0,28	0,1800	1,1152	0,1614	0,78	0,6573	2,1652	0,3036
0,29	0,1890	1,1374	0,1662	0,79	0,6655	2,1895	0,3039
0,30	0,1982	1,1593	0,1709	0,80	0,6736	2,2143	0,3042
0,31	0,2074	1,1810	0,1756	0,81	0,6815	2,2395	0,3043
0,32	0,2167	1,2025	0,1802	0,82	0,6893	2,2653	0,3043
0,33	0,2260	1,2239	0,1847	0,83	0,6969	2,2916	0,3041
0,34	0,2355	1,2451	0,1891	0,84	0,7043	2,3186	0,3038
0,35	0,2450	1,2661	0,1935	0,85	0,7115	2,3462	0,3033
0,36	0,2546	1,2870	0,1978	0,86	0,7186	2,3746	0,3026
0,37	0,2642	1,3078	0,2020	0,87	0,7254	2,4039	0,3018
0,38	0,2739	1,3284	0,2062	0,88	0,7320	2,4341	0,3007
0,39	0,2836	1,3490	0,2102	0,89	0,7384	2,4655	0,2995
0,40	0,2934	1,3694	0,2142	0,90	0,7445	2,4981	0,2980
0,41	0,3032	1,3898	0,2182	0,91	0,7504	2,5322	0,2963
0,42	0,3130	1,4101	0,2220	0,92	0,7560	2,5681	0,2944
0,43	0,3229	1,4303	0,2258	0,93	0,7612	2,6061	0,2921
0,44	0,3328	1,4505	0,2295	0,94	0,7662	2,6467	0,2895
0,45	0,3428	1,4706	0,2331	0,95	0,7707	2,6906	0,2865
0,46	0,3527	1,4907	0,2366	0,96	0,7749	2,7389	0,2829
0,47	0,3627	1,5108	0,2401	0,97	0,7785	2,7934	0,2787
0,48	0,3727	1,5308	0,2435	0,98	0,7816	2,8578	0,2735
0,49	0,3827	1,5508	0,2468	0,99	0,7841	2,9413	0,2666
0,50	0,3927	1,5708	0,2500	1,00	0,7854	3,1416	0,2500

ANEXO XIII - Cañerías PVC Servicios sanitarios

(<http://serviciossanitarios.com.ar/descargas/REFERENCIAS.pdf>)

CLOACAL

TUBERÍAS DE PVC

TUBOS DE PVC 3.2MM MAX



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
T1000	Tubo de PVC Diámetro 40 mm	-
T1001	Tubo de PVC Diámetro 50 mm	-
T1002	Tubo de PVC Diámetro 63 mm	-
T1003	Tubo de PVC Diámetro 110 mm	-
T1004	Tubo de PVC Diámetro 160 mm	-
T1005	Tubo de PVC Diámetro 200 mm	-

TUBOS DE PVC SELLO IRAM



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
T1040	Tubo de PVC Diámetro 40 mm	-
T1041	Tubo de PVC Diámetro 50 mm	-
T1042	Tubo de PVC Diámetro 63 mm	-
T1043	Tubo de PVC Diámetro 110 mm	-
T1044	Tubo de PVC Diámetro 160 mm	-

TUBOS DE PVC SEMI CELULAR



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
T1020	Tubo de PVC Diámetro 40 mm	-
T1021	Tubo de PVC Diámetro 50 mm	-
T1022	Tubo de PVC Diámetro 63 mm	-
T1023	Tubo de PVC Diámetro 110 mm	-

TUBOS DE PVC PARA ENCOFRADO



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
T1070	Diámetro 160x 3 MTS	-
T1071	Diámetro 200x 3 MTS	-
T1072	Diámetro 250x 3 MTS	-
T1073	Diámetro 315x 3 MTS	-

TUBOS ALTO IMPACTO 60/100 - 1.8 MM



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
T1050	Diám. 40 x 1.8 x 4 MTS. IP BLANCO	-
T1051	Diám. 50 x 1.8 x 4 MTS. IP BLANCO	-
T1052	Diám. 60 x 1.8 x 4 MTS. IP BLANCO	-
T1053	Diám. 100 x 1.8 x 4 MTS. IP BLANCO	-

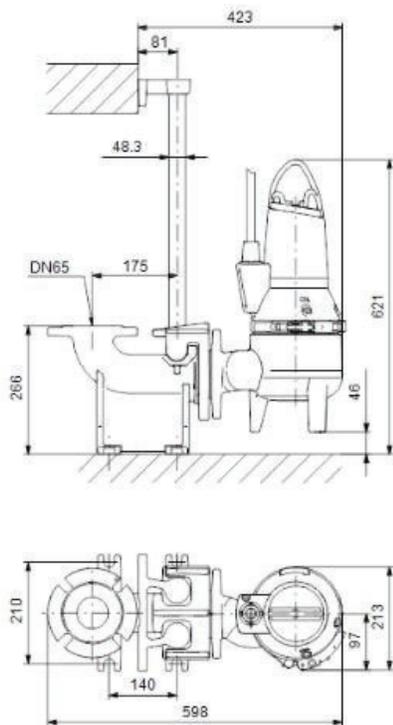
TUBOS ALTO IMPACTO 60/100 - 1.3 MM



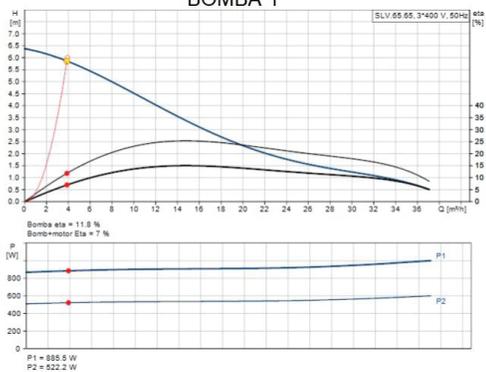
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
T1060	Diám. 40 x 1.3 x 4 MTS. IP BLANCO	-
T1061	Diám. 50 x 1.3 x 4 MTS. IP BLANCO	-
T1062	Diám. 60 x 1.3 x 4 MTS. IP BLANCO	-
T1063	Diám. 100 x 1.3 x 4 MTS. IP BLANCO	-

ANEXO XIV - Fichas técnicas bombas

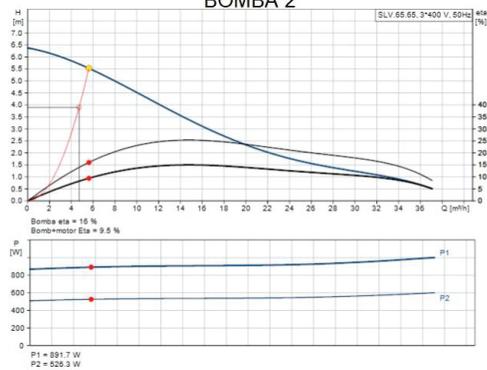
Ficha técnica bomba sumergible marca GRUNDFOS modelo SLV.65.65 .09.2.50B y punto de trabajo que utilizarán las bombas 1 y 2



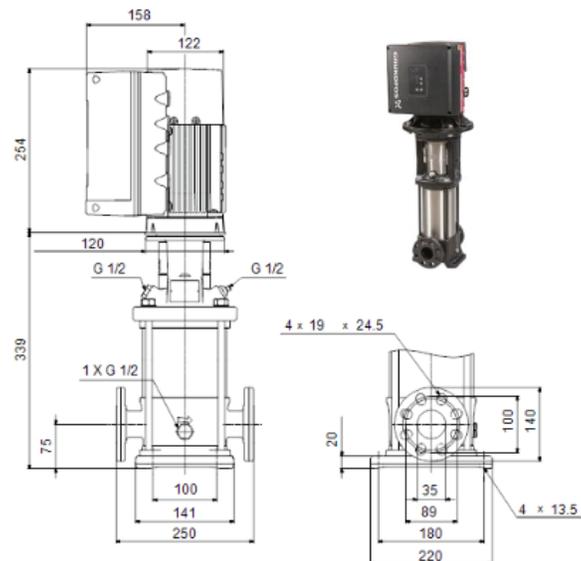
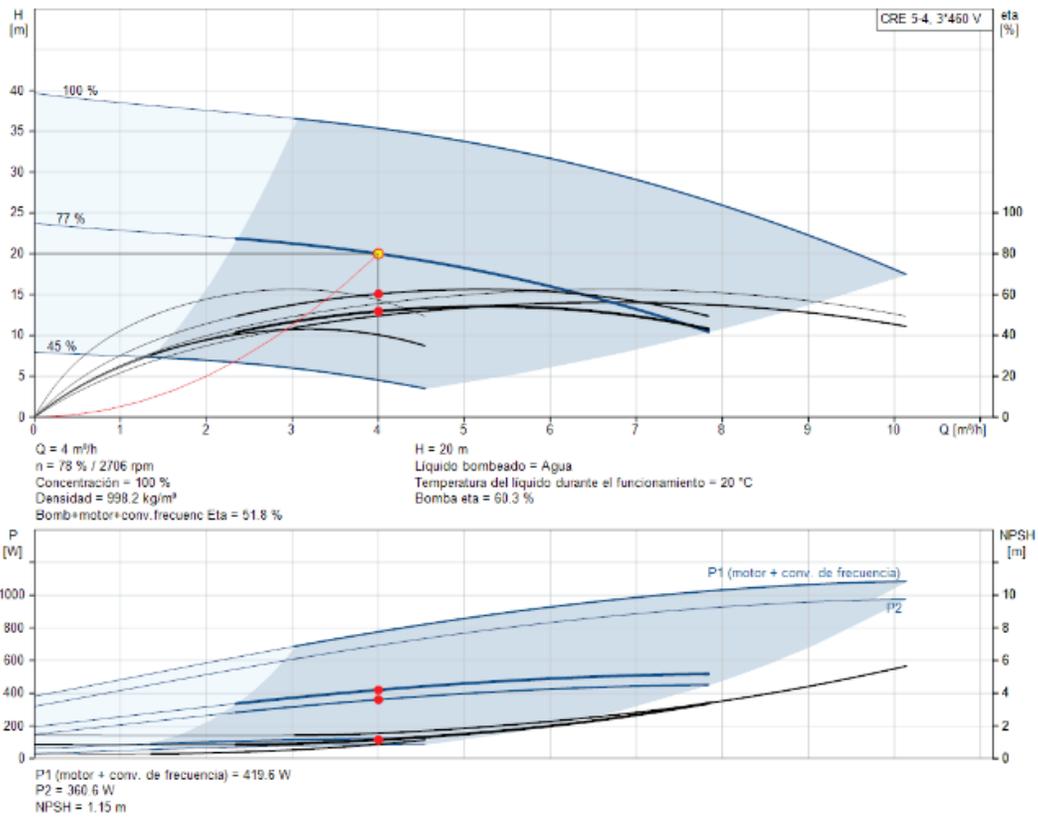
BOMBA 1



BOMBA 2

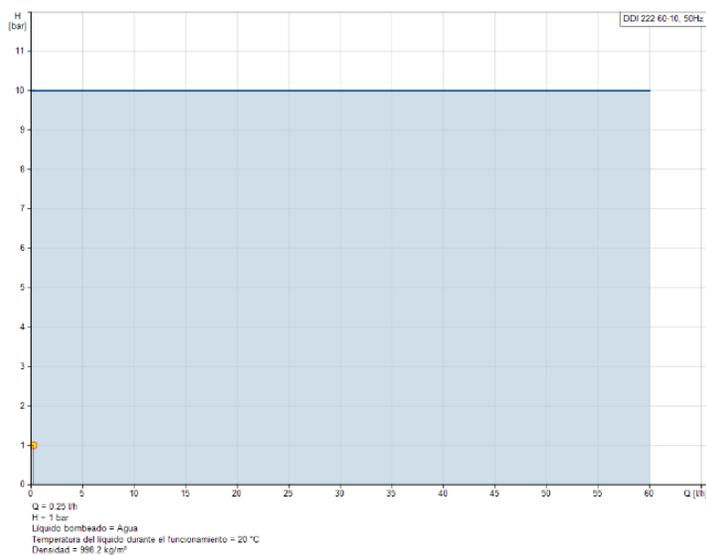
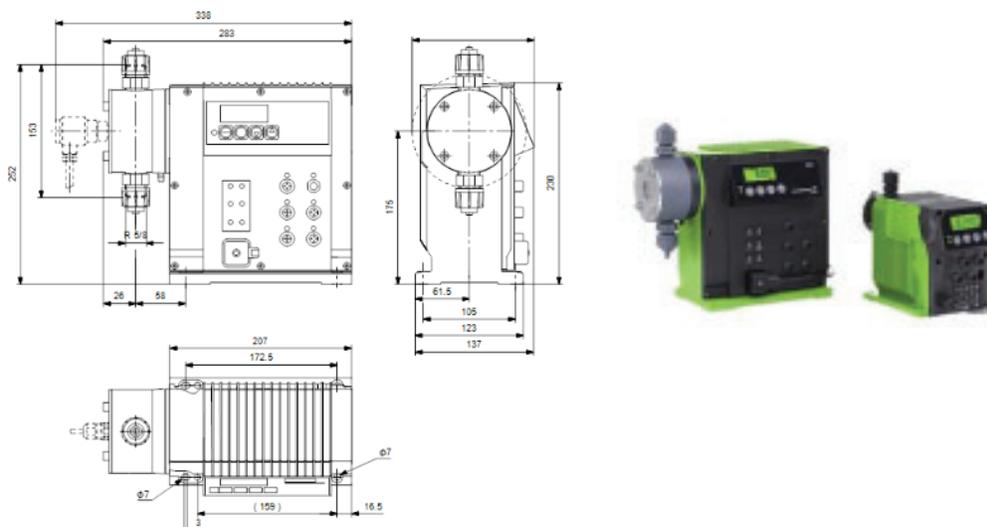


Ficha técnica bomba centrífuga marca GRUNDFOS modelo SEV.80.80.11.4.50D y punto de trabajo que utilizarán las bombas 3.



Ficha técnica y punto de trabajo bomba dosificadora de hipoclorito de sodio (DDI 222 60-10
Marca: GRUNDFOS):

<https://product-selection.grundfos.com/ar/products/dosing-pumps-digital/ddi/ddi-222-60-10-96684743?pumpssystemid=2199823189&tab=variant-drawings>



ANEXO XV - Requerimiento energético mensual (kw) de equipos

Equipo	Unidades	HP	Potencia requerida (KW/h)	Potencia requerida (KW/MES)
Soplador REPICKY R1.5 2250 rpm 28,3HP	1	28,3	21,10	15194,38

Soplador REPICKY MODELO R300 RPM 1450 1,9HP	1	1,9	1,42	1020,12
Bomba sumergible SL1.80.100 .15.4.50D.C Grundfos	2	2	2,98	2147,62
Bomba centrífuga SEV.80.80.11.4.50D Grundfos	1	1,47	1,10	789,25
Bomba dosificadora de cloro	1	0,07	0,05	37,58
Total x mes				19188,95

ANEXO XVII - Ubicación muestreo de suelo - Informe “Pasivos Ambientales de la actividad ferroviaria - Taller Remedios de Escalada” producido por H&S Estudio Técnico en 2020



Anexo XVIII

1- Hogares en tipo de vivienda, Lanús y Provincia de Buenos Aires, 2010. Fuente: Elaboración propia en base a CNPHV 2010 (INDEC)

Tipo de vivienda	Lanús	
	Total de hogares	Distribución porcentual
Casa	119.490	79,9
Rancho	411	0,3
Casilla	1.308	0,9
Departamento	27.464	18,4
Pieza/s en inquilinato	606	0,4
Pieza/s en hotel o pensión	122	0,1
Local no construido para habitación	188	0,1
Vivienda móvil	5	0,0
Total	149.594	100,0

2- Provisión y procedencia del agua. Lanús, 2010. Fuente: Elaboración propia en base a CNPHV 2010 (INDEC)

Provisión y procedencia del agua	Total	Distribución porcentual
Total	149.594	100,0
Por cañería dentro de la vivienda	143.748	96,1
Red pública	142.966	99,5
Otros	782	0,5
Fuera de la vivienda pero dentro del terreno	5.354	3,6
Red pública	5.245	98,0
Otros	109	2,0
Fuera del terreno	492	0,3
Red pública	454	92,3
Otros	38	7,7

3- Tipo de desagüe del inodoro. Lanús, 2010. Fuente: Elaboración propia en base a CNPHV 2010 (INDEC)

Tipo de desagüe del inodoro	Total	Distribución porcentual
Total	149.594	100,0
A red pública (cloaca)	56.567	37,8
A cámara séptica y pozo ciego	42.581	28,5
A pozo ciego	48.445	32,4
A hoyo, excavación en la tierra	254	0,2
Hogares sin baño/letrina	1.747	1,2

4- Combustible utilizado principalmente para cocinar. Lanús, 2010. Fuente: Elaboración propia en base a CNPHV 2010 (INDEC)

Combustible utilizado principalmente para cocinar	Lanús	
	Total de hogares	Distribución porcentual
Total	149.594	100,0
Con gas de red	117.624	78,6
Sin gas de red	31.970	21,4
<i>Gas a granel (zeppelin)</i>	132	0,1
<i>Gas en tubo</i>	1.014	0,7
<i>Gas en garrafa</i>	30.466	20,4
<i>Electricidad</i>	181	0,1
<i>Leña o carbón</i>	59	0,0
<i>Otro</i>	118	0,1

ANEXO XVI - PLANOS