

Universidad Nacional de San Martín

Escuela de Ciencia y Tecnología - Instituto de
Investigación e Ingeniería Ambiental
Ingeniería Ambiental



Proyecto final integrador de la carrera de
ingeniería ambiental

Diseño de planta de tratamiento de
efluentes para una industria productora
de conservas en el partido de San
Miguel

Autor: Lucas Klug

Catedra: Proyecto Final Integrador.

Profesores: Ruth Rodriguez y Federico Bailat.

Buenos Aires - 2018



Indice

| | |
|--|-----------|
| Indice | 1 |
| Resumen | 5 |
| Capitulo I | 7 |
| Introducción y diagnóstico | 7 |
| 1.1 Proceso productivo | 7 |
| 1.1.1 Acondicionamiento de salsifíes 13,14 | 9 |
| 1.1.2 Acondicionamiento de garbanzos 10 | 10 |
| 1.1.3 Acondicionamiento de frijoles 8 | 11 |
| 1.1.4 Acondicionamiento de ensalada primavera 13,14 | 11 |
| 1.1.4.1 Acondicionamiento papas y zanahorias | 11 |
| 1.1.4.3 Acondicionamiento de arvejas | 12 |
| 1.2 Ubicación | 13 |
| 1.3 Cuadro Normativo | 14 |
| 1.4 Caracterización del efluente | 15 |
| 1.5 El río Reconquista y su cuenca | 18 |
| 1.6 Partido de San Miguel 3 | 18 |
| 1.7 Efluentes cloacales | 20 |
| Capitulo II | 21 |
| Análisis de alternativas | 21 |
| 2.1 Análisis de los efluentes | 21 |
| 2.2 Propuesta de tratamiento pretratamiento y tratamiento primario | 22 |
| 2.2.1 Rejas | 22 |
| 2.2.2 Tamiz 14 | 23 |
| 2.2.3 Tanque de homogeneización | 24 |
| 2.2.4 Sedimentador primario | 25 |
| 2.3 Propuesta de tratamiento secundario "A" | 26 |
| 2.3.1 Funcionamiento sistema de lodos activos | 26 |
| 2.3.2 Justificación tratamiento secundario "A" | 27 |
| 2.4 Propuesta de tratamiento secundario "B" | 28 |
| 2.4.1 Funcionamiento sistema de Sequencing Batch Reactors (SBR) | 28 |
| 2.5 Tratamiento terciario | 30 |
| 2.6 Cámara de muestreo y medición de caudal | 30 |
| 2.7 Selección preliminar de tratamiento | 31 |
| Capitulo III | 32 |



| | |
|--|-----------|
| Memoria de cálculo de las unidades de tratamiento | 32 |
| 3.1 Rejas | 32 |
| 3.2 Tamiz | 34 |
| 3.3 Tanque de homogeneización | 35 |
| 3.3.1 Zona de salida | 37 |
| 3.4 Sedimentador primario. | 37 |
| 3.4.1 Zona de entrada | 38 |
| 3.4.2 Zona salida | 40 |
| 3.4.3 Barredor | 41 |
| 3.4.4 Generación de lodos | 41 |
| 3.4.5 Zona de lodos y recolección | 42 |
| 3.5 Sistema de lodos activos AI | 43 |
| 3.5.1 Tanque de aireación AI | 43 |
| 3.5.1.1 Aireación y mezcla | 45 |
| 3.5.1.2 Equipo de aireación | 49 |
| 3.5.2 Sedimentador secundario AI | 51 |
| 3.5.2.1 Zona de entrada | 52 |
| 3.5.2.2 Zona de salida | 52 |
| 3.5.2.3 Generación de lodos | 53 |
| 3.5.2.4 Zona de lodos y recolección | 54 |
| 3.5.2.5 Barredor | 54 |
| 3.6 Sistema de lodos activos All | 55 |
| 3.6.1 Tanque de aireación All | 55 |
| 3.6.1.1 Aireacion y mezcla | 56 |
| 3.6.1.2 Equipo de aireación | 57 |
| 3.6.2 Sedimentador secundario All | 58 |
| 3.7 SBR | 58 |
| 3.7.1 Zona de entrada | 62 |
| 3.7.2 Zona de salida | 63 |
| 3.7.3 Recolección de lodos | 64 |
| 3.7.4 Aireación y mezcla | 64 |
| 3.7.1.3 Equipo de aireacion | 65 |
| 3.9 Cámara de desinfección | 65 |
| 3.10 Cámara de muestreo y medición de caudal | 66 |
| 3.11 Lodos | 67 |
| 3.12 Dimensionamiento de conducciones | 69 |
| 3.13 Dimensionamiento de sistemas de impulsión | 76 |
| 3.13.1 Pérdidas de carga | 76 |
| 3.13.2 Altura de los tanques | 82 |
| 3.13.3 Sistemas de impulsión | 83 |



| | |
|---|------------|
| 3.13.2.1 Salida tanque de homogenizacion | 83 |
| 3.13.2.2 Recirculacion de lodos | 85 |
| 3.13.2.3 Purga de lodos | 87 |
| 3.14 Conclusiones | 89 |
| Capítulo IV | 91 |
| Recomendaciones, unidades accesorias y otros. | 91 |
| 4.1 Salas accesorias | 91 |
| 4.1.1 Sala de operación y control | 91 |
| 4.1.2 Laboratorio de control | 91 |
| 4.1.3 Sala de sopladores | 92 |
| 4.2 Disposición de las unidades | 92 |
| 4.3 Parámetros de control de la planta | 92 |
| 4.4 Conclusiones | 93 |
| Capítulo V | 94 |
| Cómputo y presupuesto | 94 |
| 5.1 Inversion inicial | 94 |
| 5.2 Costos de operación y mantenimiento | 96 |
| 5.2.1 Servicios | 96 |
| 5.2.2 Insumos | 99 |
| 5.2.3 Mano de obra | 99 |
| 5.2.4 Costos disposición de lodos | 100 |
| 5.2.5 Mantenimiento, Costos administrativos y legales | 100 |
| 5.3 Costo total | 100 |
| 5.4 Viabilidad y financiamiento | 101 |
| 5.5 Conclusiones | 101 |
| Capítulo VI | 101 |
| Selección del tren de tratamiento final | 102 |
| 6.1 Selección de tren de tratamiento | 102 |
| 6.1.1 Cumplimiento de las condiciones de salida | 103 |
| 6.1.2 Parametros operativos | 103 |
| 6.1.3 Restricciones de espacio | 104 |
| 6.1.4 Costo inicial y operativo estimado | 106 |
| 6.2 Analisis FODA | 106 |
| 6.3 Conclusión | 108 |
| Capítulo VII | 108 |
| Planos | 109 |
| Capítulo VIII | 109 |



| | |
|---|------------|
| Estudio de impacto ambiental | 110 |
| 8.1 Introducción | 110 |
| 8.2 Marco legal | 111 |
| 8.2.1 Nacional | 111 |
| 8.2.2 Provincial | 112 |
| 8.3. Proyecto | 112 |
| 8.3.1 Descripción general del proyecto | 112 |
| 8.3.2 Construcción | 113 |
| 8.3.3 Operación | 113 |
| 8.4 Línea de base ambiental | 113 |
| 8.4.1 Aspectos climatológicos | 113 |
| 8.4.2 Calidad atmosférica y niveles sonoros estimados | 114 |
| 8.4.3 Suelos | 114 |
| 8.4.4 Recursos hídricos: Agua subterránea | 115 |
| 8.4.5 Recursos hídricos : Agua superficial | 115 |
| 8.4.6 Flora y Fauna | 116 |
| 8.4.7 Aspectos urbanos y sociales | 116 |
| 8.5 Identificación y evaluación de impactos ambientales | 117 |
| 8.5.1 metodología | 117 |
| 8.5.2 Impactos de la construcción | 123 |
| 8.5.2.1 Atmósfera | 123 |
| 8.5.2.2 Suelo | 123 |
| 8.5.2.3 Agua | 123 |
| 8.5.2.4 Flora | 124 |
| 8.5.2.5 Fauna | 124 |
| 8.5.2.6 Socio-económico | 124 |
| 8.5.3 Impactos de la operación | 124 |
| 8.5.3.1 Atmósfera | 124 |
| 8.5.3.2 Suelo | 124 |
| 8.5.3.3 Agua | 125 |
| 8.5.3.4 Flora y fauna | 125 |
| 8.5.3.6 Socio-económico | 125 |
| 8.5.4 Matriz de impactos ambientales | 125 |
| 8.6 Análisis de riesgos | 126 |
| 8.6.1 Metodología de valoración de riesgos | 126 |
| 8.6.1.1 Grados de certidumbre de los riesgos (C) | 126 |
| 8.6.1.2 Magnitud de los riesgos (M) | 127 |
| 8.6.1.3 Valoración de los riesgos (R) | 128 |
| 8.6.1.4 Matriz de riesgos | 129 |
| 8.7 Plan de gestión ambiental | 130 |



| | |
|--|------------|
| 8.7.1 Medidas de prevención | 130 |
| 8.7.1.1 Capacitacion del personal | 130 |
| 8.7.1.2 Gestion de residuos urbanos | 130 |
| 8.7.1.3 Equipos de lucha contra incendios | 130 |
| 8.7.1.4 Instalacion y mantenimiento de señáletica y vallados | 131 |
| 8.7.1.5 Capacitacion de primeros auxilios . | 131 |
| 8.7.1.6 Verificación periodica de las instalaciones | 131 |
| 8.7.1.7 Comunicación interna | 131 |
| 8.7.1.8 Mantenimiento y limpieza | 131 |
| 8.7.1.9 Códigos de buena conducta del personal | 131 |
| 8.7.1.10 Asignación de responsable ambiental | 131 |
| 8.7.1.11 Plan de evacuación | 131 |
| 8.7.1.12 Empleo de elementos de protección personal | 132 |
| 8.7.2 Medidas de mitigación | 132 |
| 8.7.2.1 Gestión de residuos peligrosos | 132 |
| 8.7.2.2 Minimización de generación de ruidos y vibraciones | 132 |
| 8.8 Plan de seguimiento y monitoreo | 132 |
| 8.9 Plan de contingencias | 132 |
| 8.10 Conclusiones EsIA | 133 |
| Capítulo IX | 134 |
| Conclusiones | 134 |
| 9.1 Conclusiones proyecto | 134 |
| 9.2 Conclusiones personales | 135 |
| Bibliografía | 135 |
| Anexos | 137 |



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL



Proyecto final : Diseño de planta de tratamiento de efluentes para una industria productora de conservas en el partido de San Miguel

Autor: Lucas Klug ; Legajo N°6202

Buenos Aires - 2018

Resumen

El presente proyecto se realiza en respuesta al pedido de una industria dedicada a la transformación y acondicionamiento de verduras que procesa por año 80.000 toneladas de materia prima en el partido de San Miguel desde el año 1973 y ocupa una superficie total de 8,42 ha. La empresa, debido a las presiones combinadas que esta tiene por la urbanización de la zona y requisitos legales, ha solicitado el diseño de una planta de tratamiento de efluentes líquidos industriales para cumplir con las condiciones de vuelco requeridas por la normativa. El proyecto presenta el análisis de alternativas y selección de un tratamiento final. En el mismo se analizan dos alternativas de tratamiento biológico, siendo la primera la instalación de sistemas de lodos activos y la segunda sistemas SBR. Se optó por el sistema SBR en conjunto con un tratamiento primario de manera que el efluente cumpla con las condiciones de vuelco requeridas por la normativa aplicable al caso.

Se presentan en el cuerpo del informe una breve descripción del proceso productivo, caracterización del efluente y el marco normativo que este debe cumplir para su vuelco en el cuerpo receptor elegido, siendo este el río Reconquista. Luego se presenta el análisis de alternativa y la memoria de cálculo de las unidades, continuando por un análisis económico en el cual se puede ver el cómputo y presupuesto de inversión inicial y costos operativos de ambas alternativas. Luego se determina el tratamiento óptimo tomando en cuenta los aspectos relevantes (técnicos, ambientales, económicos). Una vez elegido el tren de tratamiento, se presentan los planos respectivos a este mismo, y el estudio de impacto ambiental correspondiente.

Se concluye en el informe que el proyecto es factible técnica, ambiental y económicamente.



Capitulo I

Introducción y diagnóstico

La industria "A" es un establecimiento dedicado a la transformación y acondicionamiento de verduras que procesa por año 80.000 toneladas de materia prima en el partido de San Miguel desde el año 1973 y ocupa una superficie total de 8,42 ha. Anualmente, se producen en promedio 250.000 m³ de efluente industrial de carácter esencialmente orgánico debido al lavado y transformación de las verduras; Este presenta una gran variabilidad a lo largo del año ya que la producción no es siempre la misma, según la estación se produce uno de cuatro productos distintos, siendo estos conservas enlatadas de salsifí, garbanzos, frijoles y ensalada primavera (zanahorias, papas y arvejas). Actualmente el efluente es vertido en el río Reconquista pero debido a las presiones combinadas de la urbanización y la reglamentación, la industria A busca proponer una solución ambientalmente responsable. Para ello se propone diseñar en este proyecto una planta de tratamiento de efluentes acuosos que permita cumplir con la normativa aplicable, presentando alternativas viables para poder así elegir la más conveniente en conjunto con las autoridades de la industria.

1.1 Proceso productivo

La producción de la industria de conservas, que se encarga de la manipulación, acondicionamiento y envasado de verduras para consumo tiene un proceso productivo como el que se detalla en la siguiente figura (figura I.I.I), en la cual se pueden ver las corrientes del proceso y los subproductos , parte de los cuales acaban en el efluente líquido de la industria junto con las pérdidas producidas en todas las partes del proceso industrial.

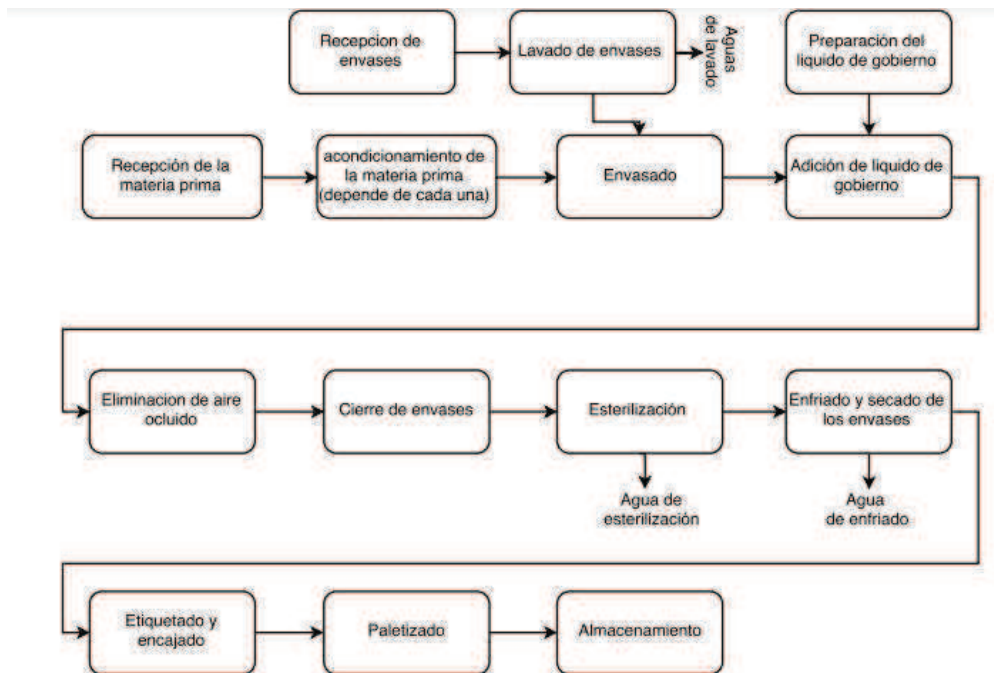


Figura I.I.I: Diagrama de bloques del proceso productivo general. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se procede a describir brevemente cada uno de los procesos que figuran en el diagrama ^{9,11,12,13,14}:

- Recepción de materia prima: En esta fase tiene lugar la recepción de los diferentes ingredientes que entrarán en la composición del producto final, desde las materias primas vegetales a los condimentos y aditivos que se emplean en el proceso.
- Acondicionamiento de la materia prima: El acondicionamiento de la materia prima comprende todas las operaciones necesarias que deben ser realizadas previo al envasado del producto, estas dependen del producto en cuestión y serán descritas posteriormente, mostrando en cada caso los lugares donde se generan corrientes de efluente a tratar.
- Recepción de envases: Se reciben las latas vacías para su posterior lavado y llenado.
- Lavado de envases: Usando una rociadora se procede al lavado de los envases para asegurar la calidad del producto final.
- Envasado: Esta fase consiste en la introducción del producto en envases apropiados. Es muy importante controlar su limpieza, así como también el proceso de llenado, el cual puede ser realizado por volumen o peso, para coincidir con lo que se indica en el etiquetado. Los envases se llenan a un 65% de su capacidad con verduras, ocupando el resto del volumen con el líquido de gobierno.
- Preparación del líquido de gobierno: El líquido de gobierno es el líquido en el cual se encuentran suspendidas las verduras, que ayuda a mantener sus



propiedades. En todos los casos de esta industria se trata de una salmuera que es preparada por mezcla de agua y sales, que garantizan la conservación de las verduras.

- Adición de líquido de gobierno: Se procede a llenar las latas con la salmuera preparada previamente.
- Eliminación de aire ocluido: Usando una máquina de vacío se eliminan todas las burbujas de aire que puedan quedar en el envase para asegurar un cierre hermético.
- Cierre de envases: El cerrado hermético del recipiente es un requisito primordial para mantener la esterilidad comercial del producto y la inocuidad de un alimento en conserva.
- Esterilización: El tratamiento térmico de vegetales envasados en recipientes herméticamente cerrados consiste en aplicar temperaturas elevadas durante un tiempo determinado, con la finalidad de esterilizar comercialmente el producto.
- Enfriado y secado de los envases: Una vez sometido el producto al tratamiento térmico establecido, se debe proceder a su enfriamiento inmediato. El enfriado se realiza por rociado con agua que es recirculada.
- Etiquetado y encajado: Se procede luego a colocar las etiquetas por medio de maquinas etiquetadoras automáticas que luego forman las cajas de conservas enlatadas que serán paletizadas.
- Paletizado: En esta etapa se juntan las cajas de latas para su almacenamiento previo a la distribución.
- Almacenamiento: Una vez que el producto ha sido acabado, será almacenado.

En la siguiente parte se procede a describir el acondicionamiento en particular de cada uno de los productos:

1.1.1 Acondicionamiento de salsifíes ^{13,14}

- Limpieza y clasificación: El proceso comienza por el lavado de la materia prima usando rociadores de agua y una clasificación en dos partes, una primera en la cual se pasa la materia prima por rodillos con una separación estándar para extraer productos no deseados de menor tamaño y una segunda clasificación manual para remover salsifíes no conformes.
- Pelado: Se procede luego al pelado de los salsifíes por medios químicos usando una solución de hidróxido de sodio y luego lavando con abundante agua.
- Blanqueado: Se procede a tratar térmicamente los salsifíes ya pelados para evitar la pérdida de calidad de los mismos con el paso del tiempo (decoloración, oxidación, pérdida de valor nutricional). Consiste en poner en contacto los salsifíes con agua caliente para su cocción y luego dejarlos enfriar previo al trozado.

- **Trozado:** Se procede por último al trozado de los salsifíes para uniformar su tamaño y facilitar el proceso de llenado, esto se realiza con cortadoras mecánicas.
- **Clasificación II:** Se procede a una segunda instancia de clasificación usando los rodillos clasificadores para asegurar uniformidad en el tamaño del producto final.

En la siguiente imagen (Figura I.I.II) se puede ver el diagrama de bloques de este proceso indicando las corrientes de efluente a tratar:



Figura I.I.II: Diagrama de bloques del proceso de acondicionamiento de los salsifíes. Fuente: Elaboración propia.

1.1.2 Acondicionamiento de garbanzos ¹⁰

- **Clasificación:** Se realiza para tener un tamaño uniforme de garbanzos lo que contribuye a preservar los rodillos de pelado y descascarado. Se realiza por medio de máquinas separadoras que funcionan haciendo pasar los garbanzos por rodillos con separaciones estandarizadas, cuyos tamaños pueden ser adaptados.
- **Pelado y Descascarado:** Previo al ingreso a la máquina de pelado y descascarado, es necesario humedecer con abundante agua los garbanzos para reducir su fricción. Una vez que fueron humedecidos y clasificados por tamaño los garbanzos pasan por la máquina de descascarado, la misma consta de dos rodillos en paralelo, uno de los cuales es dentado, a través de los cuales pasan los garbanzos y la cáscara se rompe por presión y cae. En esta etapa ya se obtiene el producto deseado.

En la siguiente imagen (Figura I.I.III) se puede ver el diagrama de bloques de este proceso indicando las corrientes de efluente a tratar:

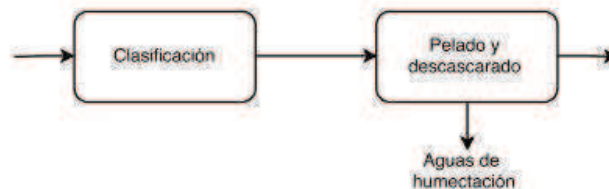


Figura I.I.III: Diagrama de bloques del proceso de acondicionamiento de los garbanzos. Fuente: Elaboración propia.

1.1.3 Acondicionamiento de frijoles ⁸

- Limpiado y clasificación: El proceso industrial comienza con la limpieza usando rociadores y clasificado de la materia prima por medio de máquinas que usan soplos de aire para remover materiales indeseados.
- Hidratación: En esta etapa se deja a los frijoles sumergidos por un periodo de tiempo que varía entre 8 y 16 horas dependiendo las condiciones de entrada, con esto se logra suavizar los granos para que puedan ser cocinados más fácilmente. Se usa una relación de granos/agua de 1/3. Una vez que fueron hidratados se procede a una segunda clasificación manual para remover granos que puedan haberse roto durante la etapa de hidratación o algún elemento indeseado que haya pasado la primer clasificación.
- Blanqueado: Este proceso consiste en un tratamiento térmico a altas temperaturas durante un periodo corto para desactivar enzimas, remover gases y prevenir la oxidación y decoloración de los frijoles. Esto se realiza por contacto con agua caliente (entre 82°C y 93°C) y luego se enfrían los frijoles a temperatura ambiente durante 3 a 8 minutos previo a su envasado y adición del líquido de gobierno.

En la siguiente figura (figura I.I.IV) se puede ver el diagrama de bloques de este proceso indicando las corrientes de efluente a tratar:



Figura I.I.IV: Diagrama de bloques del proceso de acondicionamiento de los frijoles. Fuente: Elaboración propia.

1.1.4 Acondicionamiento de ensalada primavera ^{13,14}

La ensalada primavera consiste de tres verduras que son preparadas en paralelo y mezcladas previo al envasado, estas verduras son papa, zanahoria y arvejas.

1.1.4.1 Acondicionamiento papas y zanahorias

Tanto en el caso de las papas como en las zanahorias, los pasos a seguir son iguales y se realizan en paralelo, estos son:

- Limpieza y clasificación: Se lava en primer lugar la materia prima usando rociadores para remover la tierra y suciedad, y se realiza luego una primera clasificación manual para remover elementos extraños o en malas condiciones.

- **Pelado:** Se realiza químicamente usando una solución de hidróxido de sodio caliente y luego lavando con abundante agua fría para eliminar la cáscara y restos de hidróxido de sodio que puedan quedar y frenar la cocción.
- **Trozado:** Una vez pelados, se procede a un trozado mecánico usando cuchillas automáticas.
- **Clasificación:** Con el producto ya trozado se lo hace pasar por los rodillos clasificadores para asegurarse que el tamaño es uniforme.
- **Blanqueado:** Por último se procede al blanqueado para conservar las propiedades de los vegetales, poniéndolos en contacto con agua caliente y luego dejándolos enfriar.

En la siguiente figura (figura I.I.V) se puede ver el diagrama de bloques de este proceso indicando las corrientes de efluente a tratar:

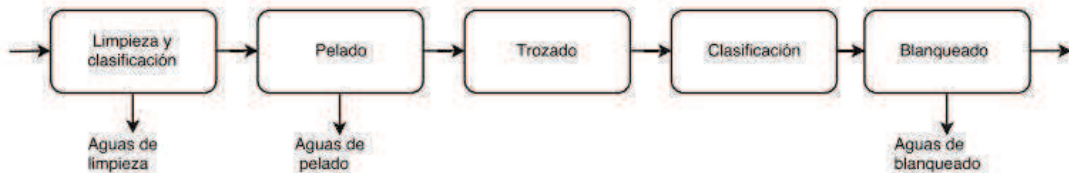


Figura I.I.V: Diagrama de bloques del proceso de acondicionamiento de los frijoles. Fuente: Elaboración propia.

1.1.4.3 Acondicionamiento de arvejas

- **Limpieza y clasificación I:** se comienza con la limpieza usando rociadores y clasificado de la materia prima por medio de máquinas que usan soplos de aire para remover materiales indeseados.
- **Pelado:** Se procede al pelado para liberar las semillas que es el producto final, esto se hace por contacto con una solución de hidróxido de sodio y posterior lavado con abundante agua fría.
- **Clasificación II:** Se procede a una segunda clasificación usando rodillos clasificadores para obtener un tamaño estándar.
- **Blanqueado:** Por último se pone en contacto las arvejas con agua caliente para su cocción, de manera tal de preservar sus propiedades.

En la siguiente figura (figura I.I.VI) se puede ver el diagrama de bloques de este proceso indicando las corrientes de efluente a tratar:

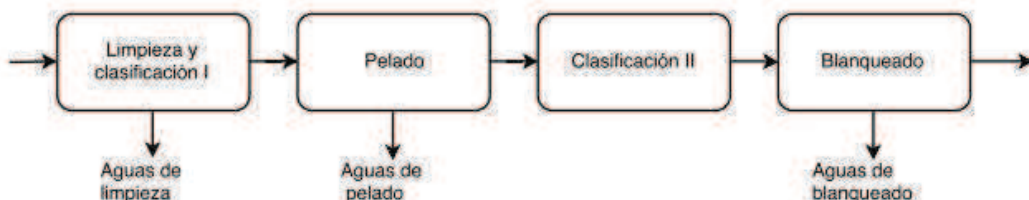


Figura I.I.VI: Diagrama de bloques del proceso de acondicionamiento de los frijoles. Fuente: Elaboración propia.

1.2 Ubicación

La industria A se encuentra ubicada en el partido de San Miguel, provincia de Buenos Aires, Argentina, en un predio que abarca un total de 8,42 hectáreas en las cuales se desarrollan todas las actividades propias del proceso productivo. Dentro de este espacio se debe construir la futura planta de tratamiento de efluentes. En las cercanías del predio se encuentra el río Reconquista, en el punto más cercano, la distancia es de 244 metros en línea recta. En la siguiente figura (figura I.II.I) se puede observar el predio y el río por detrás.



Figura I.II.I: Predio de la industria con vista del río Reconquista. Fuente: Google Earth.

Para el emplazamiento de la planta de tratamiento de efluentes se concede en primer lugar del área total del predio (área verde), una superficie de 0,55 hectáreas (área roja) en las cuales se encuentran actualmente un taller mecánico y un garaje de maquinaria agrícola que serán demolidos y reubicados. A su vez, de ser necesario se concederá un área suplementaria de 0,25 hectáreas en las cuales se encuentra un depósito (área azul), pero de todos modos sería preferible por las autoridades de la industria evitar usar este espacio. Esto se puede ver en la figura I.II.II.



Figura I.II.II: Imagen del predio mostrando en verde el área total del mismo, en rojo el área destinada para la planta de tratamiento de efluentes y en azul el área suplementaria. Fuente: Elaboración propia en Google Earth.

1.3 Cuadro Normativo

La normativa aplicable para este caso viene dada por la Resolución n° 336-03 modificatoria de la similar n° 389-98 en el marco de la Ley 12257 (Código de Aguas), que establece los límites de vuelco a un cuerpo de agua superficial (entre otros), los cuales se pueden ver en la tabla I.III.I



Tabla I.III.I: Parámetros de vuelco

| GRUPO | PARAMETRO | UNIDA D | 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 (e) |
| | 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/10 0ml | 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 fenólicas | 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 |

1.4 Caracterización del efluente

La producción se da a lo largo de 5/6 de los 7 días de la semana (depende el producto), teniendo 2 semanas de cese de las actividades hacia fin de año y 6 en otoño. Las conservas de salsifí y de ensalada primavera se dan en 5 de los 7 días de la semana, mientras que la producción de garbanzos y frijoles es en 6 de los 7 días. Las semanas de producción de cada uno de los productos se pueden ver en la siguiente tabla (tabla I.IV.I) junto con información sobre las características fisicoquímicas de los efluentes que fue otorgada por la industria.



Tabla I.IV.I: Caracterización de los efluentes.

| Producto | unidad | salsifis | garbanzos | frijoles | ensalada primavera |
|-----------------|---------|------------------|-----------|----------|--------------------|
| Periodo | semanas | 2 a 16 y 23 a 24 | 25 a 31 | 32 a 40 | 41 a 51 |
| días trabajados | d/sem | 5 | 6 | 6 | 5 |
| caudal | m3/d | 777 | 2144 | 2096 | 1495 |
| | m3/h | 32.3 | 89.3 | 87.33 | 62.2 |
| | m3/s | 0.008 | 0.024 | 0.0242 | 0.0173 |
| DQO | kg/d | 8354 | 12904 | 2178 | 4709 |
| | kg/m3 | 10.7 | 6.0 | 1.0 | 3.1 |
| DQO 2H | kg/d | 7427 | 9076 | 1588 | 3437 |
| | kg/m3 | 9.55 | 4.23 | 0.75 | 2.29 |
| DBO5 | kg/d | 4141 | 7111 | 906 | 1966 |
| | kg/m3 | 5.32 | 3.31 | 0.43 | 1.31 |
| SS | kg/d | 2045 | 3950 | 1680 | 3933 |
| | kg/m3 | 2.63 | 1.84 | 0.80 | 2.63 |
| Ntk | kg/d | 231 | 676 | 92 | 132 |
| N-NH4 | kg/d | 92 | 374 | 21 | 33 |
| N-NO3 | kg/d | 1 | 2 | 14 | 2 |
| N-NO2 | kg/d | 1 | 2 | 1 | 3 |
| NGL | kg/d | 232 | 680 | 107 | 137 |
| Pt | kg/d | 20 | 41 | 16 | 19 |
| K | kg/d | 191 | 582 | 241 | 297 |
| Ca | kg/d | 82 | 187 | 251 | 196 |
| Mg | kg/d | 17 | 37 | 24 | 20 |
| Na | kg/d | 454 | 1429 | 1122 | 551 |

Se destaca que los valores presentados en la tabla precedente hacen referencia a los parámetros de los efluentes sin restos sólidos de gran tamaño (cáscaras y demás restos) que permanecen mezclados en el efluente debido a la naturaleza del proceso productivo.

A continuación se procederá a describir brevemente el significado de los parámetros de caracterización:

Caudal: Indica la cantidad de efluente generado por unidad de tiempo, se expresa en unidades de volumen/tiempo.

DQO: La Demanda Química de Oxígeno proporciona una medida del oxígeno equivalente a la porción de materia orgánica e inorgánica en una muestra que es susceptible de ser oxidada por un agente oxidante fuerte ¹⁷. Cuanto mayor es su valor indica presencia proporcional de materia susceptible de ser oxidada.

DQO 2h: Es la DQO medida luego de dos horas de decantación, indica el valor medido en el sobrenadante, es decir, el valor que tiene la DQO una vez que se removieron los sólidos sedimentables en 2 horas.

DBO₅: La Demanda Bioquímica de Oxígeno indica la cantidad de materia orgánica susceptible de ser degradada (oxidada) bioquímicamente en 5 días. Se mide como el oxígeno consumido en 5 días y es importante tratarla para evitar que se consuma el oxígeno del medio receptor y altere el equilibrio natural.

SS: Los Sólidos Suspendidos son una medida de la cantidad de material sólido que hay en suspensión en el efluente, estos pueden ser de carácter sedimentable , es decir que precipitan, o de carácter coloidal, es decir que se mantienen en suspensión.

Ntk: Nitrógeno total Kjeldahl indica la cantidad de nitrógeno orgánico total junto con el nitrógeno amoniacal.

N-NH₄: El nitrógeno amoniacal indica la cantidad de nitrógeno en forma de ion amonio presente en el efluente.

N-NO₃: El nitrógeno Nitrato indica la cantidad de nitrógeno presente en el efluente en forma de ion nitrato.

N-NO₂: El nitrógeno Nitrito indica la cantidad de nitrógeno presente en el efluente en forma de ion nitrito.

N global: El nitrógeno global indica la cantidad total de nitrógeno presente en el efluente en cualquiera de sus formas.

P total: El fósforo total indica la cantidad total presente de fósforo en el efluente, sea en cualquiera de sus formas (organica o inorganica).

K: Indica la concentración total del ion potasio en el efluente

Ca: Indica la concentración total del ion calcio en el efluente, que forma parte de la dureza.

Mg: Indica la concentración total del ion magnesio en el efluente, que forma parte de la dureza.

Na: Indica la concentración total del ion sodio en el efluente.

pH: Indica la concentración del ion H⁺ en el efluente, su valor refleja que tan ácida o básica es el agua, lo que puede variar por diversas causas.

En la siguiente figura (figura I.IV.I) se puede ver distribuido a lo largo de las semanas del año la cantidad de tiempo que dura cada campaña de producción junto con el periodo de inactividad.



Figura I.IV.I: Distribución de los periodos de actividad de cada campaña. Fuente: Elaboración propia.



1.5 El río Reconquista y su cuenca

La cuenca del río Reconquista comprende 134 cursos de agua ⁵. Posee una extensión de 1670 km². Se origina en la confluencia de los arroyos Durazno, La Choza y La Horqueta en la presa Embalse Ingeniero Roggero y desemboca en el río Luján, que lo hace en el río de la Plata ⁶. Algunos de los afluentes de este río son los arroyos La Horqueta, Las Catonas, Morón (uno de los más contaminados). Una vez formado el cauce principal solo recibe caudales de cierta importancia por parte de los arroyos Las Catonas y Morón en la cuenca media. Aguas abajo del arroyo Morón se inicia la cuenca inferior, la que más tarde se interna en las terrazas bajas del río Luján. En este sector el cauce se bifurca en dos cursos naturales, el río Tigre y el Reconquista Chico, y en un tercer canal artificial denominado Canal Aliviador. Es a través de estos cursos que el río Reconquista se vincula con el Delta, volcando sus aguas en el río Luján que, a su vez, desemboca en el río de La Plata tras pocos kilómetros recorridos ⁵.

De los 14 partidos que comprenden la cuenca del río, 12 se encuentran situados al Este de la represa Roggero: Merlo, Moreno, Ituzaingó, Morón, Hurlingham, San Miguel, Malvinas Argentinas, Tres de Febrero, General San Martín, Tigre, San Isidro y San Fernando ⁶. La población total de esos Partidos es de 2.387.497 habitantes, que representa el 15,31% de la población de la Provincia de Buenos Aires y el 5,95% de la población total del país ².

Es el segundo río más contaminado de Argentina, con una gran variedad de actividades industriales que se establecieron en su cuenca (textiles, curtiembres, productos lácteos y procesamiento de carne, química, metalurgia, etc), el 85% de ellas concentradas en cinco municipios. En total de las 10.000 industrias, la mayoría de ellas situadas en sus márgenes descargan sus efluentes sin tratar al río y utilizan grandes cantidades de agua en el procesamiento, refrigeración y limpieza ⁶.

1.6 Partido de San Miguel ³

San Miguel es uno de los 135 partidos de la provincia argentina de Buenos Aires, se encuentra a unos 30 Km al noroeste de la Capital Federal y forma parte del Gran Buenos Aires, se forma por las ciudades de San Miguel (ciudad Cabecera), Bella Vista, Muñiz, Santa María, y Campo de Mayo. Limita con los partidos de Tigre, San Martín, Tres de Febrero, Hurlingham, Ituzaingó, Moreno, José C. Paz y Malvinas Argentinas. Esto se puede observar en las figuras I.V.I y I.V.II



Figura I.V.I: Localización de san miguel en la Provincia de Buenos Aires. Fuente: Wikipedia.

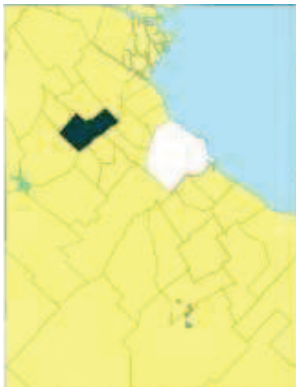


Figura I.V.II: Ubicación de San Miguel en el Gran Buenos Aires. Fuente: Wikipedia.

La localidad fue creada el 20 de octubre de 1994 por la Ley Provincial 11.551 de la Provincia de Buenos Aires a partir de la división del anterior partido de General Sarmiento. Posee una población total de 276.190 habitantes según el censo del INDEC del año 2010⁴ de los cuales 134.584 son hombres y 141.606 son mujeres, actualmente Su intendente desde el 03 de agosto de 2016 es Jaime Méndez

El clima es pampeano. Presenta veranos cálidos e inviernos fríos (Temperaturas medias entre 29,5 y 11,2, con máximos rondando los 40 y mínimos de -7) , precipitaciones anuales medias de 1171,8 mm siendo mayores entre octubre y marzo, en algunas ocasiones fuertes generando inundaciones. El primer acuífero subterráneo se ubica entre 7 y 10 metros de profundidad en la zona de San Miguel, encontrándose el segundo a aproximadamente 20 metros. Los vientos son predominantes desde el este, como en el resto de la parte noreste de la provincia de Buenos Aires. El partido presenta una baja sismicidad, con silencio sísmico de 129 años.

Es una de las zonas comerciales más importantes del gran Buenos Aires, lo que se puede ver por la presencia de 18 bancos, firmas comerciales importantes del país y destacadas industrias como Hiram Walker, Bols, Praxair, Dunlop, Calzados Bianco, etc. San



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto final : Diseño de planta de tratamiento de efluentes para una industria productora de conservas en el partido de San Miguel

Autor: Lucas Klug ; Legajo N°6202

Buenos Aires - 2018

Miguel se caracteriza por su centro comercial a cielo abierto, por su gran variedad de comercios que abarcan todas las categorías, servicios y actividades ³.

1.7 Efluentes cloacales

Debido a que el partido de San Miguel cuenta con red de cloacas en gran parte de su territorio, incluido el predio de la industria, el dimensionamiento de las unidades de tratamiento de efluentes líquidos de la industria no considerara el aporte de caudal y carga realizado por los efluentes cloacales generados en la misma, ya que estos serán colectados por la red cloacal y tratados apropiadamente por el organismo correspondiente.

Capitulo II

Análisis de alternativas

2.1 Análisis de los efluentes

En una primera instancia se quiere evaluar la biodegradabilidad de los efluentes, para lo cual se usa la relación DQO/DBO₅, además, se usa la relación C/N/P de manera tal de comprobar si los nutrientes están en una relación tal que favorezca la degradación biológica. Un efluente se considera biodegradable cuando la relación DQO/DBO₅ < 2.5 y los nutrientes se consideran balanceados cuando la relación C/N/P es 100/5/1 para tratamientos biológicos aeróbicos. En la tabla II.I.I se puede ver la relación DQO/DBO₅ y C/N/P para cada uno de los efluentes.

Tabla II.I.I: Relación DQO/DBO₅ y C/N/P para los efluentes.

| Produccion | Salsifi | Garbanzos | Frijoles | Ensalada primavera |
|----------------------|------------|------------|------------|--------------------|
| DQO/DBO ₅ | 2 | 1,8 | 2,4 | 2,40 |
| C/N/P | 207/11,6/1 | 174/16,6/1 | 56,6/6,7/1 | 103,5/7,2/1 |

Se observa que en todos los casos los efluentes son biodegradables ya que el valor de DQO/DBO es inferior a 2,5, por lo que se podría pensar en vías de tratamiento biológicas.

Analizando comparativamente los parámetros de los efluentes se puede ver en su DBO₅ que contamos con dos efluentes con una carga biológica alta , siendo estos el efluente de la producción de salsifi y de garbanzos, y los otros dos efluentes (frijoles y primavera) tienen una carga menor.

Los datos del efluente también demuestran que luego de una decantación de 2 horas la carga en DQO disminuye notablemente en todos los casos.

Teniendo en cuenta los parámetros analizados y comparandolos con la normativa de vuelco aplicable al caso, se propone un único tren de pretratamiento y tratamiento primario (físicoquímico) que permita preparar el efluente para el posterior tratamiento secundario (biológico) que representa la parte principal de la depuración del efluente debido a la alta

carga orgánica que este presenta. Luego se proponen dos vías de tratamiento biológico, una primera que consta de dos sistemas de lodos activos en serie (tratamiento A) y una segunda que consiste en un sistema de reactores SBR (tratamiento B). En las siguientes secciones se justificará la elección de estos equipos y se desarrollara la memoria descriptiva de ambos, para finalmente decidir cuál propuesta llevar adelante.

2.2 Propuesta de tratamiento pretratamiento y tratamiento primario

El objetivo del pretratamiento y el tratamiento primario es preparar el efluente para el tratamiento secundario posterior, eliminando sólidos suspendidos que puedan entorpecer el funcionamiento de bombas o unidades de tratamiento, disminuyendo en simultáneo la carga biológica asociada a los restos de vegetales, como ser las cáscaras. Esto se hace para asegurar la eficiencia del tratamiento y la durabilidad de los equipos, así mismo, se busca homogeneizar el efluente en calidad para que la alimentación del tratamiento posterior sea lo más constante posible. Para lograr todo esto se propone un tren de tratamiento como el que se ve en la figura II.II.I Se procederá a describir en mayor detalle cada operación unitaria y la justificación de su elección para el efluente a tratar.

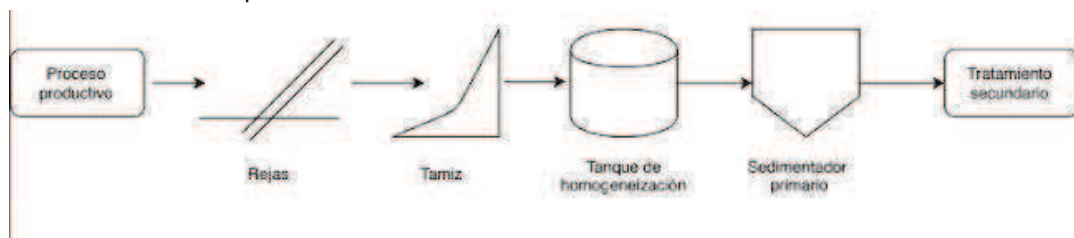


Figura II.II.I: Diagrama del pretratamiento y tratamiento primario propuesto. Fuente: Elaboración propia.

2.2.1 Rejas

Se propone instalar un sistema de rejas ya que estas permiten la remoción de sólidos de gran tamaño del efluente, de manera de prevenir obstrucciones en cañerías o daño a los equipos de bombeo. El funcionamiento es sencillo, se hace pasar el efluente por un canal que cuenta con un enrejado, de manera tal que los sólidos de gran tamaño quedan retenidos por los barrotes y el resto del efluente puede pasar por el espacio entre los mismos. Las rejas luego deben ser limpiadas para evitar obstrucciones por acumulación de sólidos, esto puede ser realizado de manera manual o mecánica según los cantidad de sólidos que se acumulen y los costos. Estos sólidos recolectados luego son dispuestos adecuadamente. En la figura II.II.I se puede observar un sistema de rejas.



Figura II.II.I: Sistema de rejas. Fuente: Google imagenes.

2.2.2 Tamiz ¹⁴

El tamiz es un equipo usado para tamizar líquidos de manera de realizar una separación sólido-líquido. Esto se realiza por retención de los sólidos por las mallas metálicas que poseen luces de 0,1 a 3 mm. Su uso es habitual en infinidad de aplicaciones industriales y municipales, debido a que poseen un alto rendimiento, son de fácil instalación y permiten instalar un sistema autolimpiante que posibilita el funcionamiento del equipo por largos periodos de tiempo sin necesidad de atención. Los tamices también son ventajosos en el tratamiento de efluentes debido a que son de acero inoxidable por lo que no son susceptibles a ser corroídos, su consumo de energía es bajo, son equipos cerrados y por lo tanto seguros. Estos permiten además una gran capacidad de filtrado en espacios reducidos, lo cual es óptimo para la planta de tratamiento en cuestión. A diferencia de los sistemas de rejas los tamices permiten retener sólidos de menor tamaño, debido a que la luz de paso es menor que el espacio entre las rejas, es por esto que en ciertos casos (cuando las cargas de sólidos suspendidos de gran tamaño no son muy grandes) un tamiz puede cumplir las funciones de desbaste de las rejas y también filtrar sólidos de menor tamaño que podrían entorpecer el funcionamiento de los equipos aguas abajo en el tratamiento de efluentes. Debido a la presencia de grandes cantidades de sólidos suspendidos en los efluentes a tratar se propone la instalación de un tamiz a continuación de las rejas, ya que ninguno de los dos por sí solo sería suficiente

En la figura II.II.II se puede ver un tamiz a modo ilustrativo.



Figura II.II.II: Tamiz . Fuente: Google imagenes.

2.2.3 Tanque de homogeneización

El tanque de homogeneización en la planta propuesta cumple tres funciones esenciales para el correcto funcionamiento del tratamiento biológico posterior.

En primer lugar, como su nombre lo indica, el tanque de homogeneización se encarga de homogeneizar el efluente, es decir, compensar las fluctuaciones en la calidad del efluente así como absorber cualquier posibles picos de tóxicos para evitar que estos tengan efectos perjudiciales en el tratamiento biológico que es sensible a cambios abruptos en la calidad del efluente.

El tanque de homogeneización también se usa para garantizar una alimentación continua del tratamiento biológico posterior. Debido a la irregularidad del proceso productivo (no se da a lo largo de toda la semana y es discontinuo a lo largo del año), es necesario contar con un tanque de homogeneización que permita acumular efluente y tratarlo en continuo posteriormente.

Por último, permite una transición más leve cuando cambian las campañas del proceso productivo y evitar un cambio abrupto del tipo de efluente que podría tener efectos indeseados sobre el tratamiento biológico.

El tanque de homogeneización se ubica luego del sistema de desbaste para evitar problemas de bombeo en el mismo y debido a que el desbaste no necesita una alimentación constante, a diferencia del sedimentador primario posterior que si lo requiere, el mismo cuenta con aireadores de fondo que garantizan la mezcla dentro del mismo. En la siguiente figura (figura II.II.III) se puede ver un tanque de homogeneización.



Figura II.II.III: Tanque de homogeneización. Fuente: Google imagenes.

2.2.4 Sedimentador primario

En la unidad de sedimentación primaria se pretende realizar una separación líquido-sólido, removiendo las partículas en suspensión del efluente que sean más densas del agua y puedan ser removidas por efecto gravitacional .

La sedimentación es, en esencia, un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación. Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado y una suspensión más concentrada.

El principio de funcionamiento de un sedimentador es sencillo, en el mismo se favorecen condiciones de estanqueidad del flujo y el efluente se mueve a través del mismo en flujo pistón, de esta manera, el peso de las partículas provoca que estas decanten hacia el fondo y se colecten en la tolva, para luego ser removidos. El efluente sobrenadante sale por la parte superior del tanque y continúa su tratamiento aguas abajo, mientras que los lodos primarios removidos son tratados y dispuestos apropiadamente. Los sedimentadores primarios pueden ser rectangulares o circulares, dependiendo de las necesidades de tratamiento.

En este caso, se propone instalar un sedimentador primario para remover los sólidos suspendidos que el efluente presenta. Así mismo, la remoción de estos sólidos produce un descenso en la DQO del efluente, esto se puede ver en el valor que toma la DQO medida luego de 2 horas de decantación, que es notablemente menor en el caso de todos los efluentes. Por lo tanto, el sedimentador cumple la función de remover los sólidos suspendidos sedimentables en 10 minutos y 2 horas, de manera tal de cumplir con el cuadro normativo. En la figura II.II.IV se puede ver un esquema de un sedimentador.

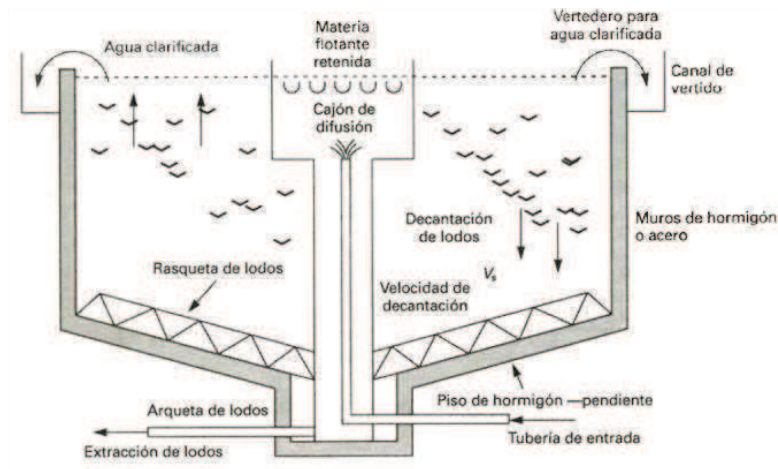


Figura II.II.IV: Esquema de sedimentador. Fuente: Google imagenes.

2.3 Propuesta de tratamiento secundario “A”

La primer propuesta de tratamiento consta de dos sistemas de lodos activos en serie, a continuación se procede a describir el funcionamiento de un sistema de lodos activos y luego se justificará la selección de este sistema de tratamiento para la industria en cuestión.

2.3.1 Funcionamiento sistema de lodos activos

El tratamiento de lodos activos implica 2 etapas: una etapa que consiste en formar los flóculos (etapa aireación) y la etapa separación (etapa decantación), lo que ilustra el esquema siguiente (figura II.III.I).

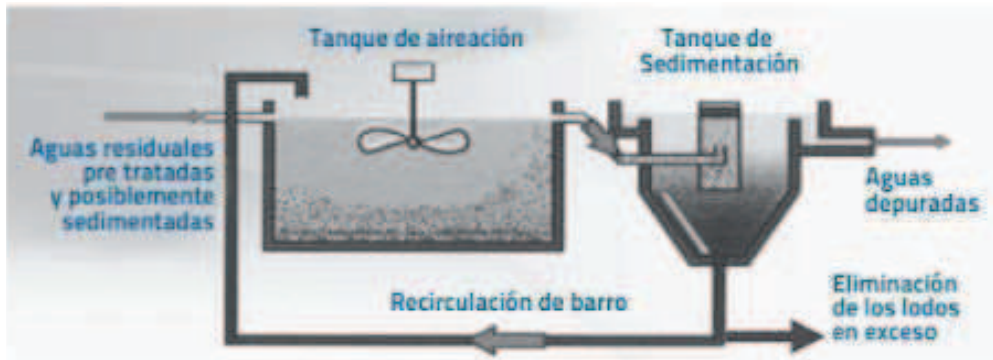


Figura II.III.I: Esquema de un sistema de lodos activos. Fuente: Manual ENOHS.

La primer etapa consiste en un tanque de aireación que es equipado de aireadores para suministrar oxígeno a las bacterias. Además de suministrar el oxígeno necesario para la formación de los flóculos biológicos que se encargan de la degradación del material biológico, los aireadores proveen la mezcla necesaria en el reactor. Para acelerar la formación de estos flóculos, que constituyen la biomasa, la puesta en marcha de una estación de depuración puede ser acelerada por el aporte de lodos de otra instalación. La



etapa de aireación tiene que mantener los niveles de materia orgánica que ingresa al sistema (contaminación a tratar), una cantidad de bacterias apropiada para tratar la contaminación y una oxigenación suficiente para su correcto funcionamiento.¹⁸

La segunda etapa constituye la separación de los lodos biológicos (la biomasa) que se realiza por gravedad en un tanque que a menudo es de diseño cilíndrico (sedimentador secundario). Las condiciones de distribución en el decantador de la biomasa que viene del tanque de aireación y de su reanudación en el fondo del decantador son puntos importantes del diseño. Las aguas residuales, despejadas de la mayoría de los compuestos carbonosos, nitrogenados y fosforados, debido al tratamiento en el tanque aireado, son recuperadas del sobrenadante y continúan el tratamiento aguas abajo para acondicionar el efluente antes de verterlo en el cuerpo receptor. Los compuestos carbonosos, nitrogenados y fosforados, eliminados de la fase líquida, son eliminados o en la fase sólida (lodos en exceso) o en la fase gaseosa (CO_2, N_2). Los lodos que se acumulan en el fondo del sedimentador secundario, son recirculados al tanque de aireación, de manera tal de mantener la biomasa constante en niveles elevados que garanticen el tratamiento de la contaminación biológica. Los lodos en exceso son purgados para evitar el envejecimiento de los mismos, lo que disminuiría la eficiencia del tratamiento, y son tratados apropiadamente.

2.3.2 Justificación tratamiento secundario “A”

Teniendo en cuenta las características del efluente y la variabilidad del mismo, y viendo que se puede separar en dos grupos, uno con alta carga biológica (efluentes de salsifi y de garbanzos), y otro de baja carga (efluentes de frijoles y ensalada primavera) se propone un sistema de dos sistemas de lodos activos en serie.

La idea principal para este tratamiento consiste en la posibilidad de tratar en el primer sistema a los efluentes de alta carga, de manera tal de reducir su carga biológica y permitir terminar el tratamiento en el segundo sistema de lodos activos. Mientras tanto, para los efluentes de baja carga, se propone *bypasear* el segundo sistema de lodos activos de manera tal de no tenerlo en funcionamiento todo el año (y así reducir los costos, fundamentalmente eléctricos, debido a la aireación del sistema) y enviarlos directamente al tratamiento terciario luego del paso por el primer sistema de lodos activos, ya que de esta forma se obtiene un tratamiento suficiente del efluente que cumple con las condiciones de vuelco.

Durante el periodo de producción de los efluentes de baja carga el segundo sistema de lodos activos se encontraría vacío, y luego, un tiempo suficiente antes de cambiar la producción a los efluentes de alta carga, se inocularía el segundo sistema con los lodos sobrantes del primer sistema y se lo comenzaría a alimentar, de manera tal de ponerlo en un correcto funcionamiento para tratar el efluente de alta carga cuando corresponda.

Este sistema permite un tratamiento adecuado de todos los efluentes, es de aplicación fácil ya que se construye dos veces el mismo tipo de sistema y los parámetros a controlar son los mismos en ambos, no obstante, es poco ventajoso debido a la alta producción de lodos secundarios que se espera que se generen, lo cual encarecería los costos operativos del sistema debido a que los lodos deben ser dispuestos adecuadamente.



2.4 Propuesta de tratamiento secundario “B”

Una segunda alternativa que se propone es incorporar como tratamiento biológico reactores SBR (Sequencing batch reactors), se procede a describir el funcionamiento de los mismos y luego se analizará la instalación de un sistema de este tipo en el marco establecido por la industria.

2.4.1 Funcionamiento sistema de Sequencing Batch Reactors (SBR)

El funcionamiento de reactores batch secuenciado consiste en una serie de tanques que operan en una secuencia de pasos que permiten tratar el efluente. Cada tanque de los que conforman el sistema SBR se llena durante un periodo de tiempo discreto durante el cual se lo opera como un reactor en batch, y una vez obtenido el tratamiento deseado, se permite el estancamiento y clarificado del agua residual para su posterior vaciado. Típicamente se divide el ciclo completo de un reactor batch en cinco etapas, que son: llenado, proceso, sedimentación, descarga, e inactividad.

Los sistemas SBR se encuentran muy bien adaptados a efluentes que sean de caudales muy bajos, intermitentes o cambiantes, debido a la flexibilidad que permite este tipo de tratamiento. Se describe a los sistemas SBR como reactores de lodos activos que en vez de funcionar en el espacio, usan un solo tanque y realizan las mismas operaciones pero secuenciadas en el tiempo, ocupando así una superficie menor en teoría. Comparativamente con los sistemas de lodos activos también son ventajosos debido a que eliminan la necesidad de las cañerías y bombas que permiten la recirculación de lodos, disminuyendo los costos, así como el costo de construcción de un tanque.

Básicamente, el sistema SBR consiste de un tanque, equipo de aireación y mezcla, un decantador y un sistema de control, y logran una eficiencia de remoción de DBO_5 que va del 85 al 95%.

A continuación se describe brevemente qué sucede en cada una de estas etapas.

- Llenado: Se produce el llenado del tanque ya sea por bombeo o por gravedad, el tiempo de esta etapa depende del caudal y del tamaño de diseño y cantidad de los reactores SBR.
- Proceso: En esta etapa se produce la reacción biológica que constituye el tratamiento del efluente, esta reacción comienza en la etapa de llenado y se completa en esta etapa. Se busca que en esta etapa las condiciones de mezcla y oxigenación sean óptimas para garantizar un buen tratamiento. La reacción inicia al mezclar el efluente ingresante con lodos que permanecen en el reactor del ciclo anterior, de manera de garantizar una buena cantidad de biomasa en suspensión que permita la degradación de la contaminación carbonosa. El tiempo que se dedica a esta etapa suele ser elevado, pudiendo constituir más del 50% del tiempo total del ciclo, y se lo determina según las condiciones de entrada del efluente y las condiciones de salida que se busquen.
- Sedimentación: En esta etapa se detiene el mezclado del reactor y se permiten condiciones de estanqueidad que faciliten el precipitado de los

sólidos suspendidos en el efluente de manera tal de conseguir un sobrenadante clarificado que ya fue tratado. Normalmente esta etapa dura entre 0,5 y 2 horas.

- **Descarga:** El vaciado del tanque SBR puede ocurrir de varias maneras, ya sea por una cañería fija a una altura determinada cuyo flujo está regulado por bombeo y válvulas, o un sistema flotante que se ubica justo debajo de la superficie y va variando su nivel para permitir el vaciado del tanque . Sea cual sea el sistema que se elija, se debe buscar que no se permita la salida de materia flotante. El tiempo de esta etapa puede durar desde el 5 al 30% del tiempo total del ciclo, dependiendo del bombeo que se elija.No se debe extender mucho esta etapa, de manera de evitar problemas por la posible resuspensión de sólidos en el reactor.
- **Inactividad:** El periodo entre el vaciado del tanque y el llenado del nuevo ciclo se denomina de inactividad, ya que en él no ocurre ninguna operación que contribuya al tratamiento del efluente. A pesar de esto, este periodo puede contribuir al asentamiento de los lodos que permanecen en el reactor. La purga de estos lodos no constituye una etapa separada ya que puede ser realizada en cualquiera de las etapas. Se estima que el periodo de inactividad no debe ser mayor a 6 horas para evitar problemas de degradación de la población bacteriana para que el tratamiento siguiente continúe siendo efectivo.

En el siguiente diagrama se puede ver esquemáticamente el funcionamiento de un sistema SBR (Figura II.IV.I)

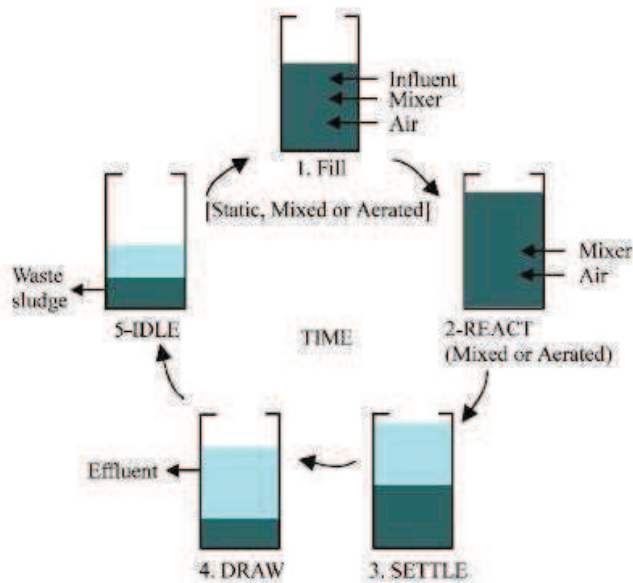


Figura II.IV.I: Esquema de funcionamiento de un ciclo SBR. Fuente: Google Imágenes.

2.4.2 Justificación tratamiento secundario “B”

Al igual que en el caso del tratamiento secundario A, se propone un sistema de tratamiento aeróbico, las ventajas que presenta el sistema SBR para este tipo de efluente son variadas. En primer lugar, la alta biodegradabilidad del efluente permite un tratamiento completo del mismo asegurando que las condiciones de salida se cumplan, así mismo, la flexibilidad operativa que permite el sistema SBR debido a la facilidad de ajuste de los tiempos en el ciclo, permite variar fácilmente el tratamiento adaptándose a las distintas características de los distintos efluentes generados en el año. Por último, el tratamiento SBR normalmente ocupa una superficie menor que el sistema de lodos activos propuesto anteriormente , ya que como fue explicado este trabaja “en el tiempo” y no “en el espacio” lo que permitiría cumplir con las condiciones de espacio establecidas por la industria.

2.5 Tratamiento terciario

Una vez terminado el tratamiento secundario y con las condiciones de vuelco apropiadas, se procede a una cloración en el tratamiento terciario de manera tal de eliminar cualquier microorganismo patógeno que pueda haber en el efluente para prevenir daños en el cuerpo receptor. Para esto se propone una cámara laberíntica de cloración la cual permita el tiempo de contacto necesario entre el cloro y el efluente de manera tal de garantizar la efectividad del tratamiento. Esta cámara de contacto consta de una camino laberíntico para minimizar el espacio necesario como se ve en la figura II.V.I. Luego, el efluente se encuentra en condiciones de ser vertido al cuerpo receptor.

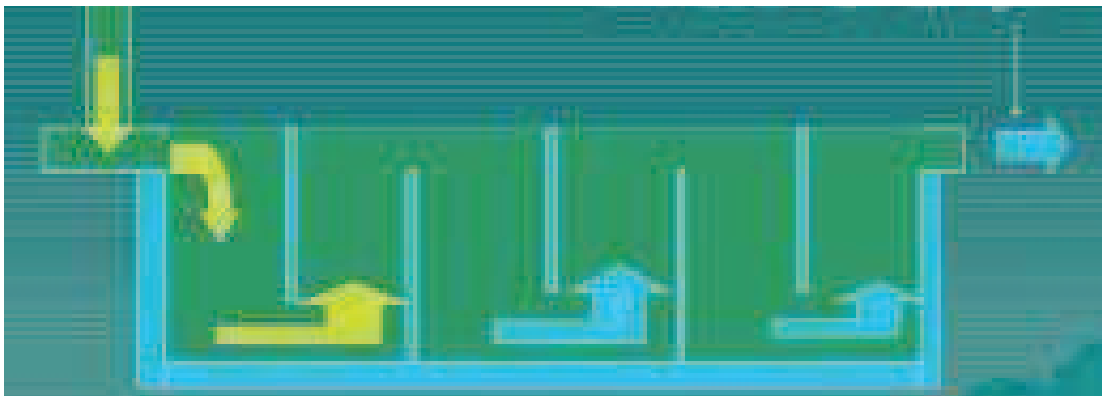


Figura II.V.I: Esquema de una cámara laberíntica para cloración. Fuente: Google Imágenes.

2.6 Cámara de muestreo y medición de caudal

Se debe tener en cuenta la construcción de una cámara de muestreo y medición de caudal según los parámetros especificados por la normativa. Esta cámara permite mantener un control interno de las condiciones de salida del efluente previo al vuelco en el cuerpo receptor y a su vez es necesaria para los controles realizados por la autoridad de aplicación local.

2.7 Selección preliminar de tratamiento

Teniendo en cuenta el funcionamiento explicado de los sistemas de tratamiento y las ventajas y desventajas de cada uno, se podría esperar que el sistema de tratamiento “B” sea más ventajoso que el sistema de tratamiento “A” debido a que normalmente el sistema SBR ocupa menor superficie que un sistema de lodos activos. Sumado a esto, y más importante, el sistema SBR permite mayor flexibilidad operativa de una manera más sencilla que el sistema de lodos activos. Por último, se espera que el sistema SBR tenga costos constructivos menores ya que la cantidad de tanques a construir es menor.

Antes de tomar una decisión, se debe corroborar de todos modos que los requisitos presentados por la normativa en cuanto a los parámetros de vuelco y los presentados por la industria en cuanto a las restricciones de espacio se cumplan en ambos casos, y se debe incorporar también el análisis económico para determinar cuál opción es más ventajosa. En los capítulos siguientes se analizarán estos puntos para permitir tomar una decisión teniendo en cuenta todos los puntos críticos. Aun así, una primera aproximación permite establecer que el sistema de tratamiento B (SBR) sería más ventajoso ya que, debido a su naturaleza, permite mayor flexibilidad operativa que es necesaria debido a la actividad que se desarrolla y también ocupa una superficie menor.

En resumen, el sistema de tratamiento completo resultaría en lo que se puede observar en la figura II.VII.I, teniendo en cuenta que se debe optar por alguna de las dos opciones, A o B.

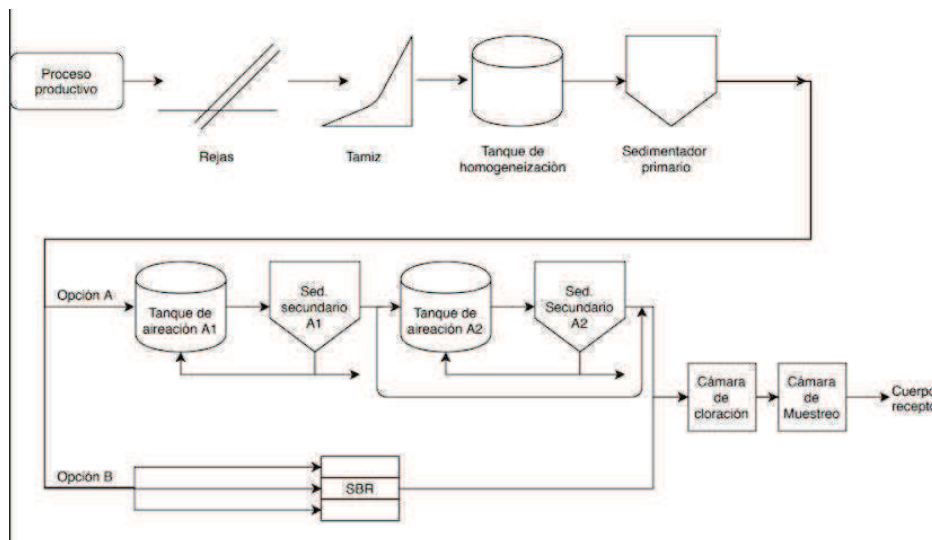


Figura II.VII.I: Esquema general de la planta de tratamiento propuesta, con ambas opciones de tratamiento biológico. Fuente: Elaboración Propia

Capitulo III

Memoria de cálculo de las unidades de tratamiento

3.1 Rejas

Para diseñar las rejas, se utilizó el caudal de cada una de las campañas de producción en unidades de m³/s, corroborando que todos verifiquen con los parámetros necesarios.

Se decidió diseñar rejas de acondicionamiento mecánico respetando los rangos de la bibliografía para adoptar algunos valores. Entre ellos están, el tamaño de la barra (W), la forma (circular, factor de forma β), la velocidad de acercamiento (v), la separación entre barrotes (b) y el ángulo de inclinación de la reja (θ). Los mismos se pueden ver en la tabla III.I.I

Tabla III.I.I : Parámetros adoptados para el diseño del sistema de rejas.

| Parámetro | valor |
|--|--------------|
| W tamaño de la barra (cm) | 1,2 |
| β factor de forma - circular | 1,79 |
| v velocidad de acercamiento (m/s) | 0,75 |
| b separación entre barrotes (cm) | 2 |
| θ ángulo de inclinación de la reja (grados) | 30 |

Se calculó el área de la canaleta (A_c) de la siguiente manera:

$$A_c = \frac{Q}{\text{velocidad de acercamiento}}$$

Luego se adoptó un valor de ancho del canal y se calculó la altura aguas arriba (h_v) según:

$$h_v = \frac{A_c}{\text{ancho}}$$

La altura pérdida de carga se calculó según la siguiente ecuación:

$$h_L = \beta \cdot \left(\frac{W}{b}\right)^{4/3} h_v \cdot \text{sen}(\theta)$$

β = Factor de forma de la barra

W= Anchura máxima transversal de las barras en la dirección de la corriente (m)

b = Separación mínima entre las barras (m)

h_v = Altura cinética del flujo que se aproxima a la reja (m)

θ = Ángulo de la reja con respecto a la horizontal.

Se verifica si tanto la velocidad de acercamiento como la pérdida de carga estén dentro de los valores tabulados. Para la velocidad de acercamiento el rango es de 0,6-1,0 m/s, y para la pérdida de carga es <0,15 m, por lo cual ambos verifican en todos los casos.

Los valores de los parámetros calculados hasta aquí que fueron usados para el dimensionamiento del canal final a construir, se pueden ver en la tabla III.I.II.

Tabla III.I.II: Parámetros calculados para el diseño del sistema de rejas.

| Parámetro | Salsifi | Garbanzos | Frijoles | Ensalada Primavera |
|--------------------------------|---------|-----------|----------|--------------------|
| A_c ancho del canal (m) | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| h_v altura aguas arriba (cm) | 1,5 | 4,14 | 4,04 | 2,88 |
| h_L pérdida de carga (cm) | 0,32 | 0,89 | 0,87 | 0,62 |

Usando los valores obtenidos se calcularon las dimensiones finales del canal y de las rejas. La altura del canal (H) se obtuvo adoptando una cota de 1m y sumando las alturas de pérdida de carga (h_L) y altura aguas arriba (h_v), como se ve en la siguiente ecuación:

$$H = 1m + h_v + h_L$$

Con este valor y el ángulo de inclinación adoptado se calculo el largo de las rejas y a partir del mismo se obtuvo el largo que debe tener el canal para poder emplazar las rejas en el. por último se calcularon y redondearon los valores de número de barras y de espacios entre las mismas. Considerando los valores obtenidos para todas las campañas, se construye finalmente el canal más grande de los obtenidos, lo que permite el correcto tratamiento del efluente generado en todas las campañas, ya que todos los parámetros verifican. Los valores del sistema de rejas final a construir se pueden ver en la tabla III.I.III.

Tabla III.I.III: Parámetros de construcción del sistema de rejas

| | Valor |
|-------------------------|--------------|
| Ancho total (m) | 0,85 |
| H altura del canal (m) | 1,1 |
| Longitud del canal (m) | 2,2 |
| Longitud de la reja (m) | 2,1 |
| Nº barras | 25 |
| Area total | 1,87 |

Para la construcción del sistema de rejas, se tendrá en cuenta la construcción de dos sistemas idénticos en paralelo, de manera de asegurarse que ante algún desperfecto en el funcionamiento de una u obstrucción o cualquiera fuese la causa, el efluente seguirá siendo tratado por un sistema de rejas en todo momento de manera de evitar malfuncionamientos en los equipos posteriores.

3.2 Tamiz

Para la selección del equipo de tamizado, se tuvieron en cuenta las recomendaciones del proveedor , siendo estas que la carga de sólidos a tratar sea menor a 50 kg/h y el caudal a tratar entre 4 y 50 l/s. Se tomaron en cuenta las características de los efluentes de las distintas campañas que se pueden ver en la tabla III.II.I .

Tabla III.II.I Características de los efluentes para el tamizado

| Campaña | salsifis | garbanzos | frijoles | ensalada primavera |
|--------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Caudal (l/s) | 8,99 | 24,81 | 24,26 | 17,30 |
| Carga de sólidos (kg/h) | 85 | 165 | 70 | 164 |

Teniendo en cuenta las restricciones dadas por el proveedor, se propone la instalación de 4 equipos de tamizado de modelo SPIRAMATIC SVA. trabajando en paralelo, de manera de dividir el caudal entre ellos en las campañas para que el tratamiento sea eficiente. Se propone trabajar con 2 equipos en la campaña de salsifí, 3 para frijoles y primavera, y los 4 en las campañas de garbanzos. En la tabla III.II.II se pueden ver las medidas resumen de esta etapa de tratamiento.

Tabla III.II.II Medidas resumen de la etapa de tamizado

| | salsifis | garbanzos | frijoles | ensalada primavera |
|--|----------|-----------|----------|--------------------|
| N° de tamices operando | 2 | 4 | 3 | 3 |
| Caudal a tratar en cada tamiz (l/s) | 4,5 | 6,2 | 8,03 | 5,76 |
| Carga de sólidos por tamiz (kg/h) | 42,5 | 41,25 | 35 | 41 |

3.3 Tanque de homogeneización

Para el dimensionamiento del tanque de homogeneización previo al ingreso al sedimentador primario, se tuvo en cuenta las diferencias en la producción a lo largo del año. Se tomó en cuenta la cantidad de efluente generado en una semana multiplicando el caudal diario por la cantidad de días que se trabajan en cada campaña:

$$Q_{semanal}(m^3/semana) = Q_{diario} (m^3/día) \times días\ trabajados (día/semana)$$

Este valor luego se lo dividió por 7 de manera de obtener un caudal constante de alimentación a las unidades siguientes.

$$Q_{salida}(m^3/día) = Q_{semanal} (m^3/semana) / (7\ días/semana)$$

Teniendo en cuenta que los días de la semana que son de producción son de corrido, el caudal que ingresa por día y el caudal que egresa, se calcula el caudal que se debe acumular por semana para garantizar la alimentación en continuo los días que no se produce según:

$$Q_{acumulado} (m^3/semana) = Q_{semanal}(m^3/semana) - Q_{salida} (m^3/día) \times días\ trabajados (días/semana)$$

Sabiendo que este $Q_{acumulado}$ debe ser acumulado en los días laborales, se calculó que volumen se debe acumular por día laboral según:

$$Q_{a\ acumular} (m^3/día) = Q_{acumulado} (m^3/semana) / días\ laborales (días/semana)$$

Y por último, se obtiene el volumen del tanque de homogeneización teniendo en cuenta que por el mismo debe poder mantener el caudal que ingresa cada día mas el caudal que debe ser acumulado en la semana laboral:

$$V_{tanque} (m^3) = Q_{diaria} (m^3/día) + Q_{a\ acumular} (m^3/día) \times días\ laborales (día)$$

Se obtiene así el volumen necesario para el tanque de homogeneización de cada una de las campañas de producción, los valores de estos cálculos se pueden ver resumidos en la tabla III.III.I.

Tabla III.III.I: Cálculos del tanque de homogeneización.

| Campaña | Q_{in} (m³/d) | Dias laborales (d/sem) | Q_{semanal} (m³/sem) | Q_{salida} (m³/d) | Q_{acumulado} (m³/sem) | Q_{a acumular} (m³/d laboral) | V_{tanque} (m³) |
|------------------|---|-------------------------------|--|---|--|---|---|
| Salsifi | 777 | 5 | 3885 | 555 | 1110 | 222 | 1887 |
| Garbanzos | 2144 | 6 | 12864 | 1837,7 | 1837,7 | 306,3 | 3981,7 |
| Frijoles | 2096 | 6 | 12576 | 1796,6 | 1796,6 | 299,4 | 3892,6 |
| Primavera | 1495 | 5 | 7475 | 1067,9 | 2135,7 | 427,1 | 3630,7 |

Para dimensionar el tanque de homogeneización que será construido, se toma el volumen más grande obtenido y se le agrega un margen de seguridad del 20%. El volumen que se toma es el de la campaña de garbanzos (3981,7 m³) y con el margen de seguridad del 20% el volumen resultante es 4778 m³. El tanque será de forma cilíndrica, y para el mismo se propone una altura de 7m, lo que resulta en un diámetro de 26,5 metros, dando un área de 551 m².

Como tipo de mezcla se decidió usar difusores de aire debido a la altura del tanque, y se determinó que teniendo difusores de aire que proveen 4Nm³ aire/h y que para una mezcla apropiada se necesitan 0,037 m³/m² min se obtiene un número total de 379 difusores a instalar con una densidad aproximada de difusores de 0,55. Usando para esto un difusor de aire REPICKY modelo R2.0 trabajando con un caudal de airea de 1516 m³/h y una potencia de 27 HP, instalando uno para la operación y teniendo uno en stand-by en caso de ser necesario.

Entonces el tanque a construir tiene las siguientes especificaciones que se ven en la tabla III.III.II:

Tabla III.III.II: especificaciones para la construcción de la cámara de ecualización A.

| Parámetro | Unidad | Valor |
|-----------------------|------------------------|-------|
| Altura | m | 7 |
| Diametro | m | 29,5 |
| Area | m ² | 551 |
| Volumen total | m ³ | 4778 |
| Numero de difusores | - | 440 |
| Densidad de difusores | m ⁻² | 0,68 |
| Caudal difusores | Nm ³ aire/h | 4 |

Se debe tener en cuenta para todas las unidades siguientes que el caudal que ingresa a las mismas en cada campaña de producción es el que egresa del tanque de homogeneización y no del proceso productivo, debido a que estas unidades requieren alimentación constante para su correcto funcionamiento (en especial los reactores biológicos). Habiendo hecho esta aclaración, las siguientes unidades se diseñan con los caudales que se observan en la tabla III.III.III.

Tabla III.III.III Caudales de salida del tanque de homogeneización para cada campaña

| Campaña | Q _{salida} (m ³ /d) |
|-----------|---|
| Salsifi | 555 |
| Garbanzos | 1838 |
| Frijoles | 1797 |
| Primavera | 1068 |

3.3.1 Zona de salida

Hasta esta instancia el movimiento del fluido desde el proceso productivo hasta el tanque de homogeneización (pasando por el sistema de desbaste) se produjo por gravedad. Para salir del tanque de homogeneización se propone usar un sistema de bombeo, usando bombas centrífugas sumergidas en el tanque, de manera de otorgar altura al efluente para que el tratamiento posterior se produzca todo por gravedad. El dimensionamiento y las consideraciones serán explicadas más adelante en la sección 3.13.

3.4 Sedimentador primario.

Al observar los caudales que se deben tratar en el sedimentador primario y teniendo en cuenta los parámetros de diseño de mismo, se propone dimensionar un sedimentador que permita tratar la totalidad del caudal de Salsifí (555 m³/d) y tratar a su vez este mismo volumen del caudal del efluente de garbanzos y frijoles. Al dividir el caudal de estas dos campañas de esta manera, el caudal restante (1283 m³/d y 1242 m³/d respectivamente) tiene un valor similar al caudal total de la campaña de ensalada primavera (1068 m³/d), por lo que se propone un segundo sedimentador que permita tratar el caudal de estos casos.

Entonces el primer sedimentador (Sedimentador I.I) se dimensionó a partir del caudal de Salsifí y el segundo (Sedimentador I.II) se dimensionó considerando un caudal de 1100 m³/d de manera tal que sea aproximado a los 3 caudales a tratar, verificando luego su correcto funcionamiento en todos los casos. Se comenzó por adoptar una carga superficial ($v_{sed I.I} = 44 \frac{m^3}{m^2 \cdot d}$ y $v_{sed I.II} = 46 \frac{m^3}{m^2 \cdot d}$), para la cual se recomienda que el tiempo de permanencia se encuentre entre 1,5 a 2,5 horas. Esta v_{sed} se usa para calcular área del sedimentador a partir de la siguiente relación:

$$A_{sed}(m^2) = \frac{Q(m^3/d)}{v_{sed}(\frac{m^3}{m^2 \cdot d})}$$

Luego teniendo en cuenta los parámetros recomendados para la altura del sedimentador ($3m < h_{sed} < 5 m$) se adoptó una $h_{sed} = 4 m$ y se calculó el volumen multiplicando el área por la altura, obteniéndose el volumen (V).

Se decide construir los sedimentadores de forma cilíndrica, adoptando una inclinación de la parte cónica de 15° con barredor y un radio de salida inferior de 30 cm. Se calcula entonces el volumen de la parte cónica y se lo suma al volumen obtenido anteriormente, lo que resulta en el volumen final de los sedimentadores. También se calcula la altura total del sedimentador como la suma de la parte cónica más la cilíndrica. En la tabla III.IV.I se pueden ver las dimensiones especulativas de los sedimentadores primarios.

Tabla III.IV.I: Dimensiones especulativas de los sedimentadores I.

| Parámetro | Sedimentador I.I | Sedimentador I.II |
|------------------------------------|------------------|-------------------|
| V _{sed} (m ³) | 51 | 97,5 |
| H _{sed} (m) | 4,15 | 4,2 |
| A _{sed} (m ²) | 12,6 | 23,9 |
| D _{sed} (m) | 4 | 5,5 |

3.4.1 Zona de entrada

En el centro del tanque, el efluente ingresa a un contenedor cilíndrico concéntrico que tiene como objetivo distribuir el efluente equitativamente en todas las direcciones tangencialmente en los primeros 0,5 a 0,7 m. Este dispositivo tiene un diámetro que típicamente va del 15 al 20% del diámetro total del tanque y una altura entre 1 a 2,5 metros,

y debe tener una entrada de disipación de energía tangencial dentro del pozo de alimentación. La velocidad de salida del efluente de esta zona debe ser como máximo de 0,3 a 0,45 m/s al pasar por los orificios de salida para los caudales medios. Estos orificios deben detenerse aproximadamente a 1 metro del fondo del pozo de disipación de energía.

Teniendo estos parámetros en cuenta, se adopta una altura de la pared del tanque de zona de entrada de 1,5 metros, considerando que los primeros 50 cm cuentan con los orificios a través de los cuales el efluente será distribuido y que el metro inferior no posee orificios según las recomendaciones de la bibliografía. Se adopta también un diámetro del difusor (D_o) igual al 20% del diámetro del sedimentador. Luego, se toman los caudales de diseño que fueron usados para cada sedimentador (555 m³/d y 1100 m³/d para el sedimentador I.I y I.II respectivamente), se adopta una velocidad de salida $v_o = 0,35$ m/s y se calcula el área total de orificios que se necesita para permitir el paso del caudal según la siguiente relación:

$$A_0 = \frac{Q}{v_o}$$

A_0 : Área total de paso (m²).

Q: Caudal (m³/s).

v_o : Velocidad de paso por cada orificio (m/s).

Se obtienen así las áreas de paso para cada caso. Luego, se adopta un valor de diámetro de orificio de paso $D_o = 1,5$ cm, calculando el área de cada uno, y a partir de este valor se calcula el número total de orificios que se necesitan en cada caso, según la siguiente relación:

$$n = \frac{A_0}{a_o}$$

n: Número total de orificios

A_0 : Área total de paso (m²)

a_o : Área de paso de cada orificio (m²).

Luego se adopta un número de filas y de columnas que permitan la distribución de los orificios sobre la superficie del difusor. Los valores obtenidos se pueden ver en la tabla III.IV.II .

Tabla III.IV.II: Medidas resumen del difusor de energía en la zona de entrada de los sedimentadores primarios.

| | Sedimentador I.I | Sedimentador I.II |
|-------------|------------------|-------------------|
| D_d (m) | 0.8 | 1,1 |
| V_0 (m/s) | 0,35 | 0,35 |
| D_o (m) | 0,018 | 0,018 |
| n | 72 | 150 |
| N° filas | 4 | 5 |
| N° columnas | 18 | 30 |

Luego se corrobora que la velocidad de salida en cada uno de los orificios no supere los valores recomendados, por medio de la siguiente ecuación ²⁰:

$$Q = Sv_0 = \mu S \sqrt{2gh_1}$$

Q: Caudal del orificio (m³/s)

S: Sección del orificio (m²)

v_0 : Velocidad de paso por los orificios (m/s) =0,35 m/s

μ : Coeficiente de descarga= 0,6 para pared delgada.

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

h_1 : Diferencia de altura de niveles a través de la pared delgada (m).

Observándose en todos los casos que la velocidad de salida cumple con las condiciones esperadas.

3.4.2 Zona salida

Luego se procedió al cálculo y dimensionamiento de los vertederos de salida del sedimentador, para esto se adopta una velocidad de flujo del efluente en la canaleta de $v_{c,i,I} = 0,3$ m/s y $v_{c,i,II} = 0,25$ m/s teniendo en cuenta que la misma debe ser menor o igual a 0,3 m/s para evitar el arrastre de lodos. A partir de esta adopción y usando el caudal de efluente a tratar se calcula el área del canal (A_c) según:

$$A_c(\text{m}^2) = Q (\text{m}^3/\text{s}) / V_c (\text{m/s})$$

Luego se adopta un caudal de recolección (q) que indica la cantidad de efluente que sale del sedimentador por unidad de tiempo y por metro lineal. El valor adoptado para esto es $q_{i,I} = 3$ m/seg x m.lineal y $q_{i,II} = 2,5$ m/seg x m.lineal, y se adopta también una altura de la canaleta $h_c = 50$ cm . Luego se calcula el ancho de la canaleta usando la altura y el área:

$$\text{Ancho (m)} = A_c (\text{m}^2) / h_c (\text{m})$$

A continuación se calcula la longitud útil del vertedero (L_v), es decir el largo que debería tener un único vertedero para permitir que salga el caudal de diseño. Este valor luego se lo divide en partes iguales a lo largo del perímetro del sedimentador. La longitud útil del vertedero se calcula según:

$$L_v \text{ (m)} = Q \text{ (L/s)} / q \text{ (L/ s x m.lineal)}$$

Se adopta luego una altura para los vertederos ($h_{v \text{ I,I}} = 8 \text{ cm}$ y $h_{v \text{ I,II}} = 11 \text{ cm}$) y una geometría para ellos (tipo Thomson), y se determina la cantidad de vertederos que son necesarios a lo largo del perímetro del sedimentador, obteniéndose un total de 13 y 23 vertederos respectivamente, los cuales se deben encontrar equidistantes uno del otro. Se calcula luego el caudal unitario (q_u) que evacua cada vertedero según:

$$q_u \text{ (m}^3\text{/s)} = 1,34 h_v \text{ (m)}^{2,47}$$

Para la construcción final del sedimentador, se agrega un margen de seguridad del 20% a la altura del vertedero y se vuelven a calcular de la misma manera todos los parámetros que previamente habían verificado los valores recomendados. Se obtiene así las dimensiones de los vertederos que se pueden ver en la tabla III.IV.II.

Tabla III.IV.II: Dimensiones de los vertederos.

| Parametro | Vertederos sedimentador I.I | Vertederos sedimentador I.II |
|---|-----------------------------|------------------------------|
| Hv altura del vertedero (cm) | 9,6 | 13,2 |
| Av ancho de vertedero (cm) | 19 | 26,4 |
| Número de vertederos | 12 | 20 |
| q_u caudal unitario (m ³ /s) | 0,0041 | 0,009 |

Se corrobora luego que las dimensiones del sedimentador I.II que fue previsto para el tratamiento de 1100 m³/d cumpla con las condiciones para poder tratar correctamente el efluente de las otras campañas, se obtiene que todos los valores cumplen con las condiciones establecidas, por lo que se construyen finalmente los dos sedimentadores propuestos.

3.4.3 Barredor

Teniendo en cuenta las dimensiones y características de los sedimentadores primarios, se propone instalar en ambos un barredor circular que facilita la evacuación de los lodos por el sistema recolector de los mismos. Para esto se tiene en cuenta las recomendaciones dadas por el proveedor, que se ven reflejadas en los parámetros



operativos que se eligen para cada barredor, lo que se puede ver en la tabla III.IV.III así como los modelos que se propone instalar en cada sedimentador.

Tabla III.IV.III Características barredores de los sedimentadores primarios.

| | Sedimentador I.I | Sedimentador I.II |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Marca | Jorsun | Jorsun |
| Modelo | ZXG4 | ZXG6 |
| Diametro (m) | 4 | 5,5 |
| Profundidad maxima sed (m) | 4,5 | 4,5 |
| Velocidad de giro (m/min) | 2,4 | 1,7 |
| Potencia (kW) | 0,4 | 0,45 |
| Material | Acero inoxidable | Acero inoxidable |
| Diametro tubo guia (m) | 0,6 | 0,8 |

3.4.4 Generación de lodos

Se realizaron ensayos de generación de barro en cono de Imhoff de cada uno de los efluentes a tratar, obteniéndose los resultados que se ven en la tabla III.IV.IV.

Tabla III.IV.IV Resultados decantabilidad en cono de Imhoff para cada efluente.

| Campaña | Generación de barros (ml/L) |
|------------------|------------------------------------|
| Salsifi | 10,3 |
| Garbanzos | 8,5 |
| Frijoles | 6,3 |
| Primavera | 8,9 |

Multiplicando el valor de generación de barros por el caudal a tratar por cada sedimentador, se obtiene el volumen de lodos que debe ser purgados por día. Se debe considerar que por recomendaciones de ENHOSA los lodos deben ser purgados en periodos no mayores a 15 días para evitar la putrefacción de los lodos. Se puede observar el volumen de lodos a purgar por día en la tabla III.IV.V.

Tabla III.IV.V: Volumen de lodos a purgar por día.

| Campaña | Lodos a purgar (m ³ /d) | |
|-----------|------------------------------------|-------------------|
| | Sedimentador I.I | Sedimentador I.II |
| Salsifi | 5.7 | - |
| Garbanzos | 4.7 | 9.4 |
| Frijoles | 3.5 | 6.9 |
| Primavera | - | 9.8 |

Los lodos generados en ambos sedimentadores serán recolectados por un sistema de conducción único y serán transportados a su tratamiento posterior. Teniendo en cuenta las condiciones de velocidad de escurrimiento que evitan el taponamiento de las cañerías, lo cual no debería ser un problema debido al gran contenido de agua de los lodos. El destino de los lodos será explicado más adelante, en la sección 3.11.

3.4.5 Zona de lodos y recolección

Para la correcta recolección de los lodos se debe prever una pendiente que permita el escurrimiento de los mismos hacia el centro del sedimentador, lugar donde serán recolectados. Al proponerse un diseño con barredor, la pendiente recomendada debe ser de 1:12 lo cual fue considerado en el dimensionamiento inicial de la unidad. La tolva de recolección, para el depósito de los barros, debe ubicarse en el primer tercio del diámetro del decantador. En la parte inferior de esta tolva se debe prever una cañería de desagüe para la evacuación de los lodos, que deben ser removidos cada no más de 15 días para evitar su putrefacción. Esta cañería de desagüe tiene una sección de descarga mínima que se calcula según la siguiente ecuación:

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

S_{dp} : Sección de la compuerta de desagüe (m²)

A_{dp} : Área del sedimentador en planta (m²)

t_{de} : Tiempo de descarga (h) - recomendado menor a 6 horas

H_u : Profundidad útil del sedimentador (m)

Se decide adoptar un tiempo de descarga de 2 horas según lo recomendado por ENHOSA, obteniéndose así los resultados que se ven en la tabla III.IV.VI.

Tabla III.IV.VI: Dimensiones de la tolva de recolección de los sedimentadores primarios.

| | Sedimentador I.I | Sedimentador I.II |
|-----------------------------|------------------|-------------------|
| S_{dp} (cm ²) | 26,5 | 50,6 |

3.5 Sistema de lodos activos AI

3.5.1 Tanque de aireación AI

Al diseñar el tanque de aireación de los sistemas de lodos activos se tuvo en cuenta el modelo propuesto por W. Eckenfelder en "Industrial Water Pollution Control "(2000). Se consideró la diferencia de caudales existente entre las distintas campañas y al igual que para el sedimentador primario se decidió dividir el caudal de las campañas en dos corrientes de tratamiento. La primera que permite tratar un caudal de 555 m³/d, en la cual se trata la totalidad del efluente de Salsifí, y parte del efluente de garbanzos y frijoles. Por otro lado, la segunda línea fue dimensionada para tratar 1100 m³/d y en la misma se trata el caudal restante de garbanzos y frijoles y la totalidad del caudal de ensalada primavera. Para realizar el dimensionamiento se tienen en cuenta estos caudales y la concentración de los efluentes (DBO₅), en conjunto con algunas adopciones se usan para calcular el tiempo de permanencia necesario para que la depuración sea la necesaria, según la siguiente ecuación:

$$t(d) = \frac{(S_0 - S_e)S_0}{X_v K S_e}$$

S_0 : Concentración inicial de DBO₅ del efluente a tratar (g/m³).

S_e : Concentración de DBO₅ a la salida(g/m³).

X_v : concentración de biomasa en el reactor (g/m³).

K : Constante cinetica de reaccion (d⁻¹).

Como este es el primer paso de dos tratamientos por lodos activos en serie, se adopta un S_e de 1000 mg/L para que luego continúe el tratamiento aguas abajo. Se adopta también un $X_v = 3500$ mg/L que es el valor recomendado por el modelo y una $K = 36$ d⁻¹ que es el valor que se usa en el libro para el procesamiento de papas, que es el proceso más similar a lo que se realiza en esta industria. De ser posible se debería obtener este valor en laboratorio para el efluente de cada una de las campañas de producción para esta constante. Se calculan así todos los tiempos de permanencia necesarios para tratar los efluentes y con el caudal de cada uno el volumen necesario, obteniéndose los siguientes valores que se ven en la tabla III.V.I .

Tabla III.V.I Tiempo de permanencia y volumen del tanque de aireación AI.I y AI.II.

| | Q out(m³/d) | s0 (mg/L) | t(h) | V (m³) |
|------------------------|--------------------|------------------|-------------|---------------|
| Salsifi AI.I | 555 | 5329 | 4,4 | 101,634608 |
| garbanzos AI.I | 555 | 3317 | 1,5 | 33,8452491 |
| frijoles AI.I | 555 | 432 | -0,05 | -1,08097348 |
| primavera AI.I | - | - | - | - |
| Salsifi AI.II | - | - | - | - |
| garbanzos AI.II | 1283 | 3317 | 1,5 | 78,2404587 |
| frijoles AI.II | 1242 | 432 | -0,04 | -2,41904336 |
| primavera AI.II | 1068 | 1315 | 0,1 | 3,51127341 |

La razón por la cual el tiempo de permanencia y el volumen para la campaña de frijoles es negativo es debido a que la concentración de DBO que ingresa es menor al S_e que se adopta para las condiciones de salida. No obstante estos cálculos se realizan para un primer dimensionamiento que luego debe ser corroborado. A partir de los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que el tiempo de permanencia recomendado es idealmente de 4 horas (aceptable entre 3 y 5 horas) se procede a dimensionar el primer reactor teniendo en cuenta el que continúa para que el tratamiento sea apropiado. Para corroborar esto se adopta un volumen de dimensionamiento (comenzando por los resultados obtenidos en la tabla III.V.I eligiendo un volumen de 80 m³ para el reactor AI.I y de 100 m³ para el reactor AI.II y luego aumentándolo hasta obtener un resultado deseable) y se calcula el S_e que se obtiene a la salida del tratamiento y el tiempo de permanencia del efluente. El S_e se calcula según la siguiente ecuación:

$$S_e = \frac{S_0}{X_r \left(\frac{k}{S_0} + \frac{1}{X_{vr}} \right)}$$

Teniendo en cuenta esto se decide adoptar un volumen de 115 m³ para el reactor AI.I y de 160 m³ para el reactor AI.II y se obtienen los resultados que se reflejan en la tabla III.V.II .



Tabla III.V.II Parámetros de diseño del tanque de aireación AI.I y AI.II

| | V diseño | t(h) | Se(mg/L) | F/M (d ⁻¹) |
|-----------------|----------|------|----------|------------------------|
| Salsifi AI.I | 115 | 5 | 903,5 | 7,3 |
| garbanzos AI.I | 115 | 5 | 373,9 | 4,6 |
| frijoles AI.I | 115 | 5 | 7,0 | 0,6 |
| primavera AI.I | - | - | - | - |
| Salsifi AI.II | - | - | - | - |
| garbanzos AI.II | 160 | 3 | 578,1 | 7,6 |
| frijoles AI.II | 160 | 3 | 11,2 | 1,0 |
| primavera AI.II | 160 | 4 | 85,6 | 2,5 |

Los tiempos de permanencia caen por dentro de los resultados recomendados y se observa que en los dos sistemas de tratamiento, para la campaña de frijoles, se obtienen las condiciones de salida requeridas por la normativa aplicable (con un margen de seguridad). Igualmente, la relación F/M cae muy por fuera de los parámetros recomendados (0,2 en caso ideal) excepto para el efluente de frijoles. Esto es de esperar ya que se sabe que se está alimentando el reactor con un efluente con un exceso de carga. Al ya cumplir las condiciones necesarias por el marco normativo, el efluente de frijoles no necesitaría más tratamiento.

Se adopta una altura para el reactor de 4m , geometría rectangular con un lado de 4 m, obteniéndose para ambos reactores los valores que se pueden ver en la tabla III.V.III.

Tabla III.V.III Valores de dimensionamiento del tanque de aireación AI.I y AI.II.

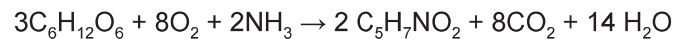
| Parametro | Tanque AI.I | Tanque AI.II |
|---------------------|-------------|--------------|
| V(m ³) | 115 | 160 |
| h (m) | 4 | 4 |
| A (m ²) | 28,75 | 40 |
| L1 (m) | 4 | 4 |
| L2 (m) | 7,2 | 10 |

3.5.1.1 Aireación y mezcla

Para el correcto funcionamiento del sistema de lodos activos se requieren condiciones de mezcla y aireación óptimas. Para obtener las mismas se decide utilizar difusores de burbuja fina que se ubican en el fondo del reactor y gracias al aire que les es enviado por medio de sopladores liberan burbujas que generan las condiciones necesarias en el reactor.

Para obtener la cantidad de difusores necesarios para dar las condiciones de aireación, se debe obtener el requerimiento estándar de oxígeno (SOR). Para obtener este valor, es necesario conocer el requerimiento de oxígeno del sistema, el cual viene dado por varios factores. En primer lugar, la cantidad de oxígeno que se debe otorgar al sistema para obtener la oxigenación necesaria se ve limitado por la velocidad de difusión molecular de un gas disuelto en un líquido, que depende de las características de ambos (el gas y el líquido). Además, es necesario conocer los requerimientos de oxígeno propios de la biomasa para el consumo de la contaminación carbonosa. Este oxígeno se usa como aceptor de electrones al oxidar el sustrato y también es usado en la respiración endógena de los microorganismos.

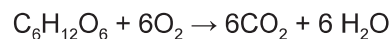
A partir de la estequiometría de la reacción de oxidación de la contaminación carbonosa por acción de los microorganismos, se puede obtener la cantidad de oxígeno que estos requieren para llevar adelante esta reacción. Asumiendo condiciones ideales en las cuales el sustrato es glucosa y la biomasa puede ser representada con la fórmula mínima $C_5H_7NO_2$ la reacción sería la siguiente:



Se puede observar que el carbono presente en el sustrato (glucosa en este caso) se convierte en biomasa y también es oxidado en dióxido de carbono, se puede obtener el rendimiento basado en la glucosa consumida según la siguiente relación:

$$\gamma = \frac{\Delta(C_5H_7NO_2)}{\Delta(C_6H_{12}O_6)} = \frac{2(113 \text{ g/mol})}{3(180 \text{ g/mol})} = 0,42 \text{ g biomasa/g glucosa usados}$$

En la práctica se usan los valores de SSV y DQO para representar la biomasa y el sustrato respectivamente. Para expresar el rendimiento en base de la DQO se debe determinar la DQO de la glucosa, a partir del siguiente balance:



Obteniéndose la DQO de la glucosa:

$$DQO_{\text{glucosa}} = \frac{\Delta(O_2)}{\Delta(C_6H_{12}O_6)} = \frac{6(32 \text{ g/mol})}{(180 \text{ g/mol})} = 1,07 \text{ gO}_2/\text{g glucosa usados}$$

Se debe tener en cuenta que la cantidad de oxígeno utilizado comprende al oxígeno usado para oxidar el sustrato a dióxido de carbono y agua, la DQO de la biomasa y la DQO de sustrato que pueda quedar sin degradar. Basándonos en la fórmula mínima dada anteriormente de la biomasa, al ser oxidada, se desprende la DQO de la misma según:



Entonces la DQO del tejido celular es:

$$DQO_{\text{celulas}} = \frac{\Delta(O_2)}{\Delta(C_5H_7NO_2)} = \frac{5(32 \text{ g/mol})}{(113 \text{ g/mol})} = 1,42 \text{ gO}_2/\text{g celulas}$$

Considerando las relaciones que fueron presentadas, se puede plantear un balance de DQO para el sistema según:

$$DQO_{utilizada} = DQO_{celulas} + DQO_{oxidación\ del\ sustrato}$$

Donde la DQO de oxidación del sustrato es igual al oxígeno consumido, por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 \text{Oxígeno consumido} &= DQO_{utilizada} - DQO_{celulas} \\
 &= \left(\frac{1,07\ g\ O_2}{g\ glucosa}\right) * \left(3\ moles\ x\ \frac{180\ g\ glucosa}{mol}\right) - \left(\frac{1,42\ g\ O_2}{g\ células}\right) * \left(2\ moles\ x\ \frac{113\ g\ células}{mol}\right) \\
 &= 577,8\ g\ O_2 - 320,9\ g\ O_2 = 256,9\ g\ O_2
 \end{aligned}$$

Entonces, el oxígeno consumido por unidad de DQO usada es:

$$\frac{\text{Oxígeno consumido}}{DQO_{glucosa}} = \frac{256,9\ g\ O_2}{3\ moles\ (1,07\ g\ DQO/g\ glucosa) * (180\ g\ glucosa/mol)} = 0,44\ g\ O_2/g\ DQO\ usada$$

Al conocer la cantidad de DQO que es tratada por el sistema en cuestión gracias a la relación de DQO/DBO₅, podemos obtener la cantidad de oxígeno necesaria multiplicando la DQO tratada por 0,44. Se obtiene así una cantidad de oxígeno para cada campaña en cada tanque.

Para poder obtener la cantidad de difusores necesarios, se debe obtener el requerimiento estándar de oxígeno SOR, ya que es la unidad en la que viene expresada la capacidad de transferencia de oxígeno de los difusores de burbuja fina que fueron elegidos como equipo de aireación. Para obtener el SOR se utiliza la siguiente relación:

$$SOR = \frac{RO}{B \times \frac{C_w - C_L}{C_s} \times 1,024^{(T-20)} \times \alpha}$$

SOR: Requerimiento estándar de oxígeno (KgO₂/d).

RO: Requerimiento de oxígeno (KgO₂/d).

B: Factor de conversión por salinidad y tensión superficial = 1 (adoptado).

C_w: Concentración de saturación de oxígeno disuelto en el efluente a temp y altura dados: 9.09 mg/L

C_L: Concentración de oxígeno disuelto en condiciones de funcionamiento: 2 mg/L adoptado.

C_s: Concentración de oxígeno saturado en agua limpia a 20°C y 1 atm: 9.17 mg/L.

T: Temperatura del efluente : 20°C

α: Factor de conversión de transferencia de oxígeno para agua residual: 1 adoptado.

Una vez obtenido el valor del SOR en KgO₂/d se lo convierte en Nm³/h de aire teniendo en cuenta que el aire tiene 280 gO₂/Nm³. Se obtiene así el SOR que se ve reflejado en la tabla III.V.IX que representa el caudal de aire necesario.

Tabla III.V.IX: Oxígeno necesario en cada campaña en los tanques AI.I y AI.II.

| Campaña | SOR (NM ³ /h) | |
|-----------|--------------------------|--------------|
| | Tanque AI.I | Tanque AI.II |
| Salsifi | 420 | - |
| garbanzos | 223 | 515,4 |
| frijoles | 47 | 105,7 |
| primavera | - | 91 |

Teniendo en cuenta los difusores adoptados, se sabe que los mismos pueden trabajar en una capacidad comprendida entre 1 y 9 Nm³/h, por lo cual se adopta para ambos tanques AI.I y AI.II una cantidad de 90 difusores. Trabajando con esta cantidad de difusores la capacidad a la que cada difusor debe trabajar es la que se puede observar en la tabla III.V.X.

Tabla III.V.X : Capacidad de trabajo de los difusores en cada campaña en los tanques AI.I y AI.II

| Campaña | Capacidad del difusor (Nm ³ /h) | |
|-----------|--|--------------|
| | Tanque AI.I | Tanque AI.II |
| Salsifi | 4,66 | - |
| garbanzos | 2,48 | 5,72 |
| frijoles | 0,52 | 1,17 |
| primavera | - | 1,01 |

Se debe verificar también que los difusores de aire cumplan con los requerimientos mínimos para asegurar mezcla y que la potencia no sea tal que rompa los flocs biológicos. Para asegurarse de esto, la potencia mínima para asegurar mezcla es :

$$Q_{\text{aire}}/\text{area reactor} = 0,037 \text{ m}^3 \text{ aire} / \text{m}^2 \text{ reactor} \times \text{minuto}$$

En el caso del reactor AI.I (Área= 28,75m²) se necesita un caudal de aire para cumplir esta condición de 1 m³/min mientras que en el reactor AI.II (Area= 40m²)se necesita un caudal de 1,5 m³/min En el reactor AI.I todos los caudales de aire necesarios para oxigenar cumplen con esta condición, con la excepción de la campaña de frijoles, mientras que en el tanque AI.II solamente en la campaña de garbanzos se cumple, por lo cual se propone trabajar en el tanque AI.II con una aireación tal que cumple los parámetros de mezcla, que exceden los de aireación, es decir con un caudal de aire de 1,5 m³/min. Esto mismo se hará en el tanque AI.I en la campaña de frijoles.

Se verifica a continuación que la aireación no rompa el floc biológico, para lo cual se debe cumplir que :

$$Q_{\text{aire}} / \text{vol reactor} = 0.09 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ reactor} \times \text{minuto}$$

Esta condición se cumple siempre y cuando el caudal de aire sea menor a 14,4 m³/min para el reactor AI.II y menor a 10,35 m³/min para el reactor AI.I , condición que se cumple en todos los casos. En la tabla III.V.XI se pueden observar los parámetros que resumen la aireación en los tanques AI.I y AI.II

Tabla III.V.XI: Parámetros de operación de los aireadores para los tanques AI.I y AI.II

| | Nº difusores | | Capacidad de trabajo difusor (Nm ³ /h) | |
|------------------|--------------|--------------|---|--------------|
| | Tanque AI.I | Tanque AI.II | Tanque AI.I | Tanque AI.II |
| Salsifi | 90 | - | 4,66 | - |
| garbanzos | 90 | 90 | 2,5 | 5,73 |
| frijoles | 90 | 90 | 1,00 | 1,50 |
| primavera | - | 90 | - | 1,50 |

Estos difusores serán ubicados en una red uniforme sobre el piso del reactor a 30 cm del fondo.

3.5.1.2 Equipo de aireación

Se debe considerar la instalación de compresores de aire que garanticen el correcto funcionamiento de los difusores de burbuja fina instalados. Para esto, el soplador a instalar debe poder comprimir el aire de una manera tal que la presión de este sea mayor a la presión ejercida sobre las membranas. Esta presión viene dada por la presión atmosférica, la presión de la columna de agua sobre el difusor y por la pérdida de carga propia de los difusores. Se debe considerar que los equipos con los que se trabaja ya consideran la presión atmosférica ($p_{\text{atm}}=1013 \text{ mbar}$), por lo que la misma no se considera en el cálculo de la presión total de trabajo. Se puede obtener esta presión de trabajo entonces según la siguiente ecuación:

$$P = P_{\text{pérdida de carga}} + P_h = P_{\text{pérdida de carga}} + \rho g h$$

P = presión de trabajo (mbar).

$P_{\text{pérdida de carga}}$ = Presión de pérdida de carga según el caudal de trabajo (mbar).

p_h = Presión hidrostática.

ρ = Densidad del líquido.

h = altura de la columna de agua (m).

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2).

Considerando que para cada campaña los caudales de aire son distintos , y por consiguiente la pérdida de carga es distinta, se obtienen presiones de trabajo diferentes para cada caso, las cuales se pueden ver en la tabla III.V.XII .

Tabla III.V.XII: Presiones de trabajo de cada campaña

| | Tanque Al.I | | | | Tanque Al.II | | | |
|---------------------------|-------------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|----------|-----------|
| Campaña | Salsif i | Garbanzo s | Frijole s | Primavera | Salsif i | Garbanzo s | Frijoles | Primavera |
| Presión de trabajo (mbar) | 403,4 | 385,5 | 372,52 | - | - | 412.5 | 376,7 | 376,7 |

Se busca luego en los folletos provistos (anexo I) por Repicky, el proveedor, un equipo que pueda cumplir con las exigencias de cada tanque, tanto la pérdida de presión como el caudal (que viene dado por el caudal individual de cada difusor multiplicado por la cantidad de difusores), considerando que a mayor potencia mayor será el consumo eléctrico. Se propone entonces instalar para el tanque Al.I un equipo soplador trabajando como compresor marca Repicky modelo R500 que permite, con una pérdida de carga de 400 mbar, el cual permite trabajar con un caudal variable entre 100 y 480 Nm^3/h con una potencia variando entre 3,2 y 9 HP. Para el tanque Al.II se propone un equipo soplador trabajando como compresor marca Repicky modelo R600 que para una pérdida de carga de 400 mbar y un caudal que va de 120 a 260 m^3/h que requiere una potencia entre 3,9 y 12,1 HP. En la tabla III.V.XIII se ven resumidos los parámetros del equipo de aireación Se propone adquirir dos equipos de cada uno, de manera de tener siempre uno en stand by en caso de ser necesario.

Tabla III.IV.XIII: Parámetros equipos de aireación.

| | Tanque Al.I | | | | Tanque Al.II | | | |
|-----------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|----------|-----------|
| Campaña | Salsif i | Garbanzos | Frijole s | Primavera | Salsif i | Garbanzos | Frijoles | Primavera |
| Modelo | R500 | | | | R100 | | | |
| Caudal (Nm^3/h) | 419,4 | 225 | 90 | - | - | 515,7 | 135 | 135 |
| Potencia (HP) | 8,19 | 5,01 | 2,80 | - | - | 10,25 | 2,46 | 2,46 |

3.5.2 Sedimentador secundario AI

Para el diseño de sedimentadores secundarios sin tener información de laboratorio se suele adoptar valores de bibliografía, y en general, para tener un margen de seguridad extra, se suele diseñar con valores adoptados de efluentes pico, para evitar la salida de los lodos en exceso que se podrían generar. Se adopta por esto para el diseño del sedimentador secundario un valor de v_{sed} entre 40 y 68 $\frac{m^3}{m^2d}$. Al igual que en el caso del sedimentador primario se dividen los caudales de la misma manera obteniéndose dos sedimentadores secundarios, el sedimentador AI.I y el sedimentador AI.II y el procedimiento de cálculo es idéntico, únicamente cambian las siguientes adopciones que se ven en la tabla III.V.XIV:

Tabla III.V.XIV Adopciones sedimentadores secundarios.

| Parámetro | Sedimentador AI.I | Sedimentador AI.II |
|---|-------------------|--------------------|
| Q diseño (m ³ /d) | 555 | 1100 |
| V _{sed} (carga superficial) ($\frac{m^3}{m^2d}$) | 58 | 56 |
| Vc (velocidad canaleta) (m/s) | 0.3 | 0,25 |
| q (Caudal de recolección) (l/s.m lineal) | 3 | 2,5 |
| Hv (altura vertedero) (cm) | 8 | 11 |

Para los sedimentadores secundarios se debe verificar también que el área de los mismos cumpla con los parámetros de carga de sólidos (CS), según el cual la misma debe ser de 4 kg/m²h , teniendo en cuenta las características de cada sedimentador se calcula el área requerida para cumplir con esto según la siguiente relación:

$$A = \frac{(Q+Q_R)X_v}{CS}$$

Se obtienen un área de 27,6 m² para el sedimentador AI.I y de 57,5 m² para el sedimentador AI.II.

Se toma para cada caso el área mayor entre la obtenida con la carga de sólidos y la carga superficial. Se obtienen así las dimensiones de los sedimentadores que se muestran en la tabla III.V.XIV.



Tabla III.V.XIV Dimensiones de los sedimentadores secundarios AI.I y AI.II.

| Parámetro | Sedimentador AI.I | Sedimentador AI.II |
|-----------------|-------------------|--------------------|
| $V_{sed} (m^3)$ | 113 | 241 |
| $H_{sed} (m)$ | 4,1 | 4,2 |
| $A_{sed} (m^2)$ | 27,6 | 57,5 |
| $D_{sed} (m)$ | 6 | 8,5 |

3.5.2.1 Zona de entrada

Al igual que en el caso de los sedimentadores primarios, se toman los mismos caudales de diseño, adoptando una velocidad de paso $v_0 = 0,35$ y un diámetro de orificio de 1,8 cm . Realizando los mismos cálculos, se obtienen los resultados que se ven en la tabla III.V.XV.

Tabla III.V.XV: Medidas resumen del difusor de energía en la zona de entrada de los sedimentadores secundarios.

| | Sedimentador AI.I | Sedimentador AI.II |
|-------------|-------------------|--------------------|
| $D_d (m)$ | 0.7 | 1 |
| $V_0 (m/s)$ | 0,35 | 0,35 |
| $D_o (m)$ | 0,018 | 0,018 |
| n | 72 | 150 |
| N° filas | 4 | 5 |
| N° columnas | 18 | 30 |

Se verifica de igual manera las velocidades de paso por los orificios y se verifica que las mismas son menores de los parámetros máximos recomendados.

3.5.2.2 Zona de salida

A partir de las adopciones realizadas y de los mismos cálculos con los cuales se diseñó el sedimentador primario, se obtienen también las dimensiones de los vertederos que se pueden ver en la siguiente tabla (tabla III.V.XVI):

Tabla III.V.XVI: Dimensiones de los vertederos.

| Parámetro | Vertederos sedimentador AI.I | Vertederos sedimentador AI.II |
|--|------------------------------|-------------------------------|
| Hv altura del vertedero (cm) | 9,6 | 13,2 |
| Av ancho de vertedero (cm) | 19 | 26,4 |
| Número de vertederos | 12 | 20 |
| q _u caudal unitario (m ³ /s) | 0,0041 | 0,009 |

3.5.2.3 Generación de lodos

Para obtener la generación de lodos en exceso en el sedimentador secundario y consecuentemente el caudal de lodos a purgar, se calculó el tiempo de permanencia celular θ_c según la siguiente relación:

$$\theta_c = \frac{-(aS_r - bX_v t) + [(aS_r - bX_v t)^2 + 4(abX_n' S_r)(X_v t)]^{1/2}}{2abX_n' S_r}$$

θ_c : Tiempo de retención celular (d).

a: Coeficiente del modelo propuesto por Eckenfelder. Adoptado: 0,6.

b: Coeficiente del modelo propuesto por Eckenfelder. Adoptado: 0,1.

S_r : DBO₅ removida.

X_v : Concentración de biomasa en el tanque de aireación (mg/L).

t: Tiempo de retención hidráulico (d⁻¹).

X_n' : adoptado : 0,2.

Una vez obtenidos los valores del tiempo de retención celular, por medio de un balance de masa, se obtiene el caudal de lodos que debe ser purgado según la siguiente relación:

$$Q_p = \frac{V X_v}{\theta_c X_p}$$

Q_p : Caudal de purga (m³/d).

V: Volumen del tanque de aireación (m³).

X_v : Concentración de biomasa en el tanque de aireación (mg/L).

θ_c : Tiempo de retención celular (d⁻¹).

X_p : Concentración de biomasa en la purga. Adoptado: 9000 mg/L.

También se calcula el caudal de lodos que debe ser reciclado al tanque de aireación de manera de mantener la concentración de lodos estable, que permita el correcto

tratamiento del efluente. Para esto se realiza un balance de masa del sistema del cual se obtiene la siguiente relación:

$$Q_R = \frac{Q_p X_p - Q_0 X_V}{X_V - X_p}$$

Q_R : Caudal de recirculado (m^3/d).

Q_p : Caudal de purga (m^3/d).

X_p : Concentración de biomasa en la purga. Adoptado: 9000 mg/L.

Q_0 : Caudal de ingreso al sistema de lodos activos (m^3/d).

X_V : Concentración de biomasa en el tanque de aireación.

Se obtienen así los resultados que se ven en la tabla III.V.XVII.

Tabla III.V.XVII: Parámetros de generación de lodos.

| | sedimentador AI.I | | | sedimentador AI.II | | |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | θ_c (d) | Q_p (m^3/d) | Q_R (m^3/d) | θ_c (d) | Q_p (m^3/d) | Q_R (m^3/d) |
| Salsifi | 0,28 | 160,2 | 91 | - | - | - |
| Garbanzos | 0,4 | 105,3 | 180,9 | 0,27 | 229,3 | 441 |
| Frijoles | 3 | 14,8 | 329 | 2 | 30,1 | 741 |
| Primavera | - | - | - | 0.75 | 82,556 | 544 |

Los lodos generados en ambos sedimentadores serán recolectados por un sistema de conducciones diferente al de los lodos primarios y transportados a su posterior tratamiento, junto con los lodos generados en los sedimentadores secundarios del según tren de tratamiento de lodos activos.

3.5.2.4 Zona de lodos y recolección

Se calcula al igual que en el caso de los sedimentadores primarios el valor de S_{DP} obteniéndose los valores que se ven reflejados en la tabla III.V.XVIII.

Tabla III.V.XVIII: Valores de S_{DP} para los sedimentadores AI.I y AI.II

| | Sedimentador AI.I | Sedimentador AI.II |
|---------------------|-------------------|--------------------|
| S_{op} (cm^2) | 20 | 40 |

Al igual que en el caso de los sedimentadores primarios, se decide utilizar un caño de diámetro de 150 mm según las recomendaciones de ENHOSA ya que el mismo cumple con el S_{DP} .

3.5.2.5 Barredor

Al igual que en el caso de los sedimentadores primarios, se tienen en cuenta las características de los sedimentadores diseñados así como las recomendaciones del proveedor para el funcionamiento de los barredores. Se opta por los equipos que se ven en la tabla III.V.ASD en la cual se reflejan también las condiciones de operación.

Tabla III.V.asd Características barredores de los sedimentadores primarios.

| | Sedimentador AI.I | Sedimentador AI.II |
|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Marca | Jorsun | Jorsun |
| Modelo | ZXG6 | ZXG9 |
| Diametro (m) | 6 | 8,5 |
| Profundidad maxima sed (m) | 4,5 | 5 |
| Velocidad de giro (m/min) | 2,4 | 2,3 |
| Potencia (kW) | 0,4 | 0,45 |
| Material | Acero inoxidable | Acero inoxidable |
| Diametro tubo guia (m) | 0,6 | 0,7 |

3.6 Sistema de lodos activos AI

3.6.1 Tanque de aireación AI

Para el tanque de aireación AI se realiza el mismo proceso de dimensionamiento que en el tanque AI (sección 3.5.1) teniendo en cuenta que las condiciones de entrada son las condiciones de salida del tanque AI, por lo que no se continúa con el tratamiento del efluente de frijoles que ya cumple con las condiciones de salida. Se adopta un Se de 25 mg/L para tener un margen de seguridad frente a las condiciones de salida requeridas por la normativa (50mg/L) y se decide entonces construir otros dos tanques de aireación, uno de 115 m³ y otro de 160 m³, al igual que antes, con los cuales se obtienen los resultados que se observan en la tabla III.VI.I .

Tabla III.VI.I Parámetros de diseño del tanque de aireación All.I y All.II.

| | V diseño | t(h) | Se(mg/L) | F/M (d ⁻¹) |
|-------------------------|----------|------|----------|------------------------|
| Salsifi All.I | 115 | 5 | 30,2 | 1,2 |
| garbanzos All.I | 115 | 5 | 5,3 | 0,5 |
| frijoles All.I | - | - | - | - |
| primavera All.I | - | - | - | - |
| Salsifi All.II | - | - | - | - |
| garbanzos All.II | 160 | 3 | 20,5 | 1,3 |
| frijoles All.II | - | - | - | - |
| primavera All.II | 160 | 4 | 0,4 | 0,2 |

Al ser el mismo volumen que en el caso anterior, los tiempos de permanencia son adecuados a los recomendados por la bibliografía. Al mismo tiempo, los parámetros de la relación F/M se aproximan a lo recomendado. Se puede ver también que en todos los casos el tratamiento se encuentra por debajo de lo requerido por la normativa siendo el efluente de salsifi All.I el que tiene un valor más alto pero aun así tiene un margen de seguridad de aproximadamente 35%. Al igual que en el caso anterior se adopta una altura para el reactor de 4m , lado 1 de 4 m, obteniéndose los valores que se pueden ver en la tabla III.VI.II.

Tabla III.VI.II Valores de dimensionamiento del tanque de aireación All.I y All.II.

| Parametro | Tanque All.I | Tanque All.II |
|---------------------|--------------|---------------|
| V(m ³) | 115 | 160 |
| h (m) | 4 | 4 |
| A (m ²) | 28,75 | 40 |
| L1 (m) | 4 | 4 |
| L2 (m) | 7,18 | 10 |

3.6.1.1 Aireacion y mezcla

Siguiendo el mismo procedimiento que para el sistema de lodos activos Al se dimensionan los equipos de aireación que garanticen las condiciones de mezcla y oxigenación sin llegar al punto en el cual se rompa el floc biológico. Se obtienen así el valor del SOR para cada caso, parámetros que se ven reflejados en la tabla III.VI.ADS.

Tabla III.VI.III: SOR para los tanques del sistema AII.

| | Tanque AII.I | Tanque AII.II |
|------------------|--------------------------|--------------------------|
| | SOR (Nm ³ /h) | SOR (Nm ³ /h) |
| Salsifi | 74,5 | - |
| Garbanzos | 31,4 | 109,93 |
| Frijoles | - | - |
| Primavera | - | 26,24 |

En todos los casos se observa que el requerimiento de oxígeno es bajo, por lo cual se propone instalar 30 difusores trabajando a un caudal que se ve en la tabla III.VI.III que garantiza la oxigenación y la mezcla.

Tabla III.VI.III: Número y caudal de difusores en tanques AII.I y AII.II.

| | Tanque AII.I | | Tanque AII.II | |
|------------------|---------------------|--|---------------------|--|
| | Numero de difusores | Capacidad difusor (Nm ³ /h) | Numero de difusores | Capacidad difusor (Nm ³ /h) |
| Salsifi | 30 | 2,5 | - | - |
| Garbanzos | 30 | 1,0 | 30 | 3,66 |
| Frijoles | - | - | - | - |
| Primavera | - | - | 30 | 1,5 |

Al igual que en el caso anterior, estos difusores serán ubicados en una red uniforme sobre el piso del reactor a 30 cm del fondo.

3.6.1.2 Equipo de aireación

Siguiendo el mismo procedimiento que en la sección 3.5.1.2 se opta para el tanque AII.I instalar un modelo R100 que opera entre 13,7 y 107 m³/h y 0,9 y 2,6 HP y para el tanque AII.II un modelo R200 que opera entre 35,9 y 222 m³/h y 1,6 y 4,9 HP. En la tabla III.VI.ASD se pueden ver resumidas las variables del equipo de aireación para cada tanque. Se propone adquirir dos equipos de cada uno, de manera de tener siempre uno en stand by en caso de ser necesario.

Tabla III.VI.III: Medidas resumen de los sistemas de aireación.

| | Tanque All.I | | | | Tanque All.II | | | |
|-----------------------------|--------------|-----------|----------|-----------|---------------|-----------|----------|-----------|
| Campaña | Salsifi | Garbanzos | Frijoles | Primavera | Salsifi | Garbanzos | Frijoles | Primavera |
| Modelo | R100 | | | | R200 | | | |
| Caudal (Nm ³ /h) | 75 | 30 | - | - | - | 109,8 | - | 45 |
| Potencia (HP) | 2,00 | 1,18 | - | - | - | 2,87 | - | 1,72 |

3.6.2 Sedimentador secundario All

Se comienza por calcular los lodos que se generan y deben ser purgados, para lo cual se siguió el mismo procedimiento que fue explicado anteriormente en la sección 3.5.2.3. Se obtienen así los resultados que se ven en la tabla III.VI.IV.

Tabla III.VI.IV: Parámetros de generación de lodos.

| | sedimentador All.I | | | sedimentador All.II | | |
|-----------|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| | θ_c (d) | Q_p (m ³ /d) | Q_R (m ³ /d) | θ_c (d) | Q_p (m ³ /d) | Q_R (m ³ /d) |
| Salsifi | 1,6 | 28,8 | 306 | - | - | - |
| Garbanzos | 4,3 | 10,3 | 336 | 1,5 | 42,9 | 746 |
| Frijoles | - | - | - | - | - | - |
| Primavera | - | - | - | 1,3 | 48,4 | 600 |

Al ser los mismos caudales que deben ser tratados las áreas dadas por la carga superficial son las mismas que para los sedimentadores secundarios All.I y All.II, se calcula entonces las áreas dadas por la carga de sólidos y se opta por el área de mayor tamaño para el diseño del sedimentador. Las áreas que se obtienen son iguales a lo obtenido anteriormente por lo que se propone construir otros dos sedimentadores secundarios iguales a los presentados en la sección 3.5.2.

3.7 SBR

Para el diseño de los tanques SBR se debe considerar la variabilidad del efluente así como los distintos tiempos que implica el proceso SBR. En primer lugar, los tanques SBR, nunca se encuentran vacíos, como se puede observar en la figura III.VII.I.

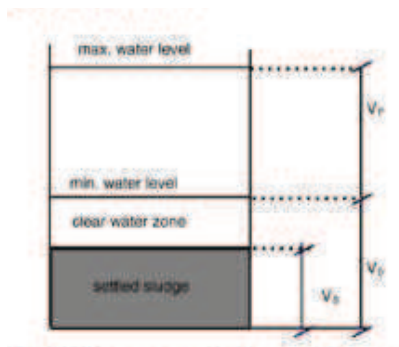


Figura III.VII.I: Esquema de un tanque SBR. Fuente: Google imagenes.

El volumen total (V_t) es la suma del volumen de lodos (V_s) que junto con el agua del sobrenadante sobrante del ciclo anterior forman el volumen fijo (v_o) mas el volumen variable (V_f) que viene dado por el volumen de efluente que se adiciona en la etapa de llenado. El volumen fijo suele ocupar el 50% del volumen total del reactor, correspondiendo el 30% al volumen de lodos y el 20% restante al volumen de agua clarificada del ciclo anterior. El 50% restante corresponde al nuevo efluente y se calcula según el caudal y el tiempo de llenado (T_f) según la siguiente relación:

$$V_f = Q \times T_f$$

El llenado constituye una de las 5 etapas del proceso: llenado (F), proceso (P), sedimentación (S), descarga (D), e inactividad (I), y cada una tiene un tiempo asociado, cuya suma resulta en el tiempo total del ciclo (T_c):

$$T_c = T_f + T_p + T_s + T_d + T_i$$

El tiempo de sedimentación varía entre 0,5 y 2 horas normalmente, decidiéndose adoptar un valor del mismo de 2 horas para tomar una medida conservadora. El tiempo de vaciado varía entre el 5 y el 30% del tiempo total del ciclo, mientras que el tiempo de llenado se calcula según la cantidad de reactores con los que se disponga y el caudal total. Por otro lado, el tiempo de proceso que constituye las etapas de aireación y mezcla, se obtiene según los parámetros que se quieran alcanzar luego del tratamiento. En este caso, se busca obtener una DBO_5 menor a 50 mg/L adoptándose un valor de la misma de 25 mg/L para diseñar de manera de tener un margen de seguridad. Se adopta también una cinética de primer orden para la degradación del sustrato en el tanque biológico según el modelo planteado por Eckenfelder. Partiendo de un balance de masa para el sustrato según el cual:

$$V \frac{dS}{dt} = QS_0 - QS - Vr_s$$

El tiempo de proceso ocurre sin entrada ni salida de caudal por lo que los términos que contienen al caudal se anulan, y según lo establecido por Eckenfelder el término de reacción se puede escribir según:

$$r_s = -K_n x_a \left(\frac{S}{S_0}\right)^n$$

K_n : Coeficiente de reacción en d^{-1}

X_a : Concentración de biomasa en el reactor en mg/L

S: Concentración de sustrato en el reactor en mg/L

S_0 : Concentración de sustrato en el efluente que ingresa al reactor en mg/L

n: Orden de reacción

Adoptando un orden de reacción 1, reemplazando los términos en el balance se obtiene que:

$$\frac{dS}{dt} = -K_n x_a \left(\frac{S}{S_0}\right)$$

Integrando y despejando el tiempo (t) se obtiene una ecuación que permite calcular el tiempo de proceso:

$$t = -\frac{S_0}{K_n x_a} \ln\left(\frac{S}{S_0}\right)$$

Se adopta a su vez un valor de $X_a=3000$ mg/L , y un $K_n= 36 d^{-1}$. Se obtienen así los tiempos de proceso en días, que se ven reflejados en la tabla III.VII.I en horas.

Tabla III.VII.I: tiempo de proceso necesario para obtener $S_0=25$ mg/L en cada caso.

| | T_p (h) |
|------------------|-----------|
| Salsifi | 6,4 |
| garbanzos | 3,6 |
| frijoles | 0,3 |
| primavera | 1,2 |

Se decide adoptar un volumen variable de $230 m^3$ y construir 4 reactores en paralelo, lo que permite, ajustando los ciclos y la cantidad de reactores que funcionan en cada campaña, un tratamiento efectivo en todos los casos. Se propone para el caso de la campaña de frijoles y garbanzos trabajar con los 4 reactores en simultáneo, realizando dos ciclos diarios de 12 horas. Para el caso de Salsifi se propone trabajar con 3 de los 4 reactores en un ciclo diario de 24 horas y por último para el caso de la ensalada primavera se propone trabajar con 3 de los 4 reactores también pero en este caso en 2 ciclos diarios de 24 horas. Esto se ve resumido en la tabla III.VII.II.



Tabla III.VII.II: Funcionamiento del sistema SBR para las distintas campañas.

| | N° de reactores | N° de ciclos diarios | Duración del ciclo (h) |
|------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Salsifi | 3 | 1 | 24 |
| garbanzos | 4 | 2 | 12 |
| frijoles | 4 | 2 | 12 |
| primavera | 3 | 2 | 12 |

Teniendo el volumen variable de los reactores, se calcula el tiempo de llenado que toma en cada campaña según la siguiente ecuación:

$$T_f(h) = Q(m^3/h) \times V(m^3)$$

Y por último, se adopta un tiempo de vaciado (T_D) igual al 30% del tiempo total del ciclo para las campañas de frijoles y ensalada primavera de manera de vaciar el tanque lentamente y evitar problemas de resuspensión de sólidos, en el caso de la campaña de garbanzos, se adopta un tiempo de vaciado de 28%, ya que si no, no se podría tener un ciclo de 12 horas, y en el caso de la campaña de salsifi, para mantener el tiempo total del ciclo, se adopta un tiempo de vaciado del 23% del tiempo total del ciclo. Estos valores se pueden ver en la tabla III.VII.III.

Tabla III.VII.III: Tiempo de llenado y tiempo de vaciado para las distintas campañas.

| | T_f (h) | T_D (h) |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Salsifi | 10 | 5,6 |
| garbanzos | 3 | 3,4 |
| frijoles | 3 | 3,6 |
| primavera | 5 | 3,6 |

Teniendo todos los tiempos calculados y habiendo adoptado un tiempo de ciclo total, queda calcular el tiempo de inactividad restando los tiempos de llenado, sedimentado, proceso y vaciado al tiempo total del ciclo. Una vez realizado esto, en la tabla III.VII.IV se pueden ver todos los tiempos que forman parte del ciclo de los reactores resumidos



Tabla III.VII.IV: Resumen de los tiempos comprendidos para el sistema SBR.

| | T_F | T_P | T_S | T_D | T_I | T_C |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Salsifi | 10 | 6,4 | 2 | 5,6 | 0 | 24 |
| garbanzos | 3 | 3,6 | 2 | 3,4 | 0 | 12 |
| frijoles | 3 | 0,3 | 2 | 3,6 | 3,1 | 12 |
| primavera | 5 | 1,2 | 2 | 3,6 | 0,2 | 12 |

Se ve que ninguno de los tiempos de inactividad es mayor a 6 horas, por lo que la biomasa que realiza el tratamiento biológico no sufrirá ningún decaimiento no deseado. A su vez, con el tiempo de sedimentación y el tiempo de vaciado, se sigue contando con cierta flexibilidad que permite extender el tiempo de proceso para obtener un tratamiento más eficiente o que permita tratar mayores cargas en el futuro de ser necesario. Una vez que los tanques se encuentren en funcionamiento se debe regular el nivel de purga de lodos para obtener una relación F/M apropiada para que el tratamiento sea correcto. La misma debe ser inferior a 1 en lo posible, siendo 0,2 el valor ideal.

Se propone construir los reactores de forma rectangular y compartiendo las paredes intermedias, de manera de disminuir los costos de construcción y el área total ocupada. Teniendo en cuenta que el volumen variable es de 230 m³, se decide que el volumen fijo sea de la misma magnitud obteniéndose un volumen total de 460 m³. Se propone construir tanques lo más profundos posibles, de manera de facilitar el vaciado y evitar la resuspensión de las capas inferiores, y también debido a que al aumentar la profundidad aumenta la eficiencia de la aireación. Se adopta entonces una altura y un ancho de reactor y se calcula el largo total obteniéndose los siguientes valores (tabla III.VII.V).

Tabla III.VII.V: dimensiones de los reactores

| | |
|--------------------------------|-----|
| Altura (m) | 6 |
| Ancho (m) | 8 |
| Largo (m) | 10 |
| Volumen (m³) | 480 |

3.7.1 Zona de entrada

El efluente ingresa al sistema SBR por gravedad luego del sedimentador primario, para disipar la energía del caudal ingresante, se propone la instalación de una chapa deflectora a 90° , contra la cual el caudal disipe su energía y así ingrese uniformemente.

3.7.2 Zona de salida

A pesar de tener caudales muy variables asociados a los cambios de producción, el sistema SBR fue diseñado de manera tal que se trabaja con un único volumen de líquido en el reactor, por lo tanto, la salida del mismo se produce siempre a la misma altura. Para la salida del efluente ya tratado se propone la instalación de un equipo AFD decantador flotante para reactores SBR, el cual descarga el agua tratada quedándose en la parte superior del reactor biológico y evacuando el efluente tratado mediante un mecanismo extractor que va siguiendo la línea de agua gracias a una estructura flotante. Un esquema de funcionamiento del mismo se puede ver la Figura III.VII.II.

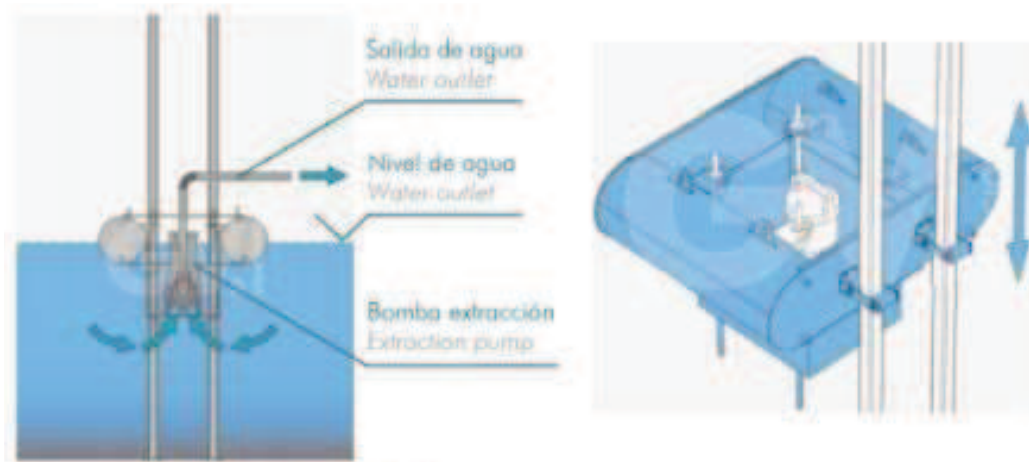


Figura III.VII.II Esquema de funcionamiento del decantador flotante. Fuente: GV soluciones²³.

Este sistema debe bombear un volumen de efluente que en todos los casos es igual pero no en el mismo tiempo. Considerando los tiempos de vaciado de cada campaña y los 230 m³ de volumen variable se obtienen los caudales que deben ser extraídos en m³/h en cada una de las campañas, lo que se refleja en la tabla III.VII.VI

Tabla III.VII.VI: Caudales de vaciado en cada campaña.

| Campaña | Caudal (m ³ /h) |
|-----------|----------------------------|
| Salsifi | 32 |
| Garbanzos | 67 |
| Frijoles | 64 |
| Primavera | 64 |

3.7.3 Recolección de lodos

Se propone instalar una cañería en la parte inferior del tanque, de manera tal de asegurarse de solo retirar los lodos al abrir el flujo por la misma, que sea de 200 mm de diámetro, ya que es el diámetro que recomiendo ENHOSA para la circulación de lodos en sedimentadores. Los lodos serán bombeados a su tratamiento posterior. La cantidad de lodos a purgar por día fue calculada siguiendo la misma metodología usada para los sistemas de lodos activos que se detalla en la sección 3.5.2.3 , considerando el volumen de efluente tratado en los cálculos. A continuación en la tabla III.VII.VII se ven los caudales a purgar.

Tabla III.VII.VII: Caudal de lodos a purgar en los sistemas SBR.

| Campaña | $\theta_C(d)$ | $Q_p (m^3/d)$ |
|-----------|---------------|---------------|
| Salsifi | 0.25 | 67.0 |
| garbanzos | 0.23 | 55.0 |
| frijoles | 0.14 | 90.2 |
| primavera | 0.19 | 89.7 |

3.7.4 Aireación y mezcla

Para obtener los requerimientos de aireación y mezcla se lleva a cabo el mismo procedimiento que en el caso de los tanques aireados de los sistemas de lodos activos (teniendo en cuenta que aquí el trabajo es batch y no en continuo), se obtiene así el valor del SOR como las cotas mínima y máxima de aireación que garantizan la mezcla sin ruptura del floc. Estos valores se pueden ver en la tabla III.VII.VIII.

Tabla III.VII.VIII: Valor del SOR y cotas máxima y mínima de aireación para SBR.

| campana | SOR (Nm^3/min) | Cota maxima (Nm^3/min) | Cota minima (Nm^3/min) |
|-----------|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| Salsifi | 417 | 43,2 | 2,97 |
| Garbanzos | 233 | | |
| Frijoles | 38 | | |
| Primavera | 120 | | |

Se propone instalar 60 difusores de burbuja distribuidos uniformemente en el fondo del tanque a 30 cm del suelo de este, repitiendo lo mismo en cada tanque. Las capacidades

de trabajo de los difusores en cada campaña se pueden observar en la tabla III.VII.IX , se tomó la capacidad de trabajo que garantice oxigenación y mezcla más conveniente en cada caso.

Tabla III.VII.IX: Capacidad de trabajo de los difusores SBR.

| campaña | Capacidad de trabajo (Nm³/h) |
|------------------|--|
| Salsifi | 7 |
| Garbanzos | 4 |
| Frijoles | 3 |
| Primavera | 3 |

3.7.1.3 Equipo de aireacion

Siguiendo el mismo procedimiento que para los tanques de aireación de los sistemas de lodos activos se opta por un equipo R300 que permite adaptarse a las distintas campañas. En la tabla III.VII.X se ven los parámetros resumidos del equipo de aireación para el sistema SBR. Se propone adquirir 4 equipos iguales, uno para cada tanque del sistema SBR, y tener 4 equipos iguales en stand-by de ser posible.

Tabla III.VII.X: Parámetros equipo de aireación para sistemas SBR.

| Campaña | Salsifi | Garbanzos | Frijoles | Primavera |
|----------------------------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Modelo | R300 | | | |
| Caudal (Nm³/h) | 210 | 120 | 90 | 90 |
| Potencia (HP) | 4,5 | 30 | 2,6 | 2,6 |

3.9 Cámara de desinfección

Luego del sistema de tratamiento biológico (independientemente de cuál se elija), el líquido es enviado a una cámara de contacto laberíntica, donde se le agrega Hipoclorito de Sodio para desinfectar y eliminar microorganismos remanentes. La forma de esta cámara hace que el líquido cambie de dirección y lo mantiene dentro de la misma durante un periodo de 20 minutos.

La cámara de desinfección debe cumplir con un mínimo de 20 minutos de tiempo de residencia y garantizar que con la dosis de cloro aplicada la concentración de coliformes baje de 10⁷ (valor adoptado) a 200mg/ 100 ml. Para ello, se utilizó la siguiente ecuación:

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

N_0 : Concentración de coliformes inicial (mg/100 ml)

N : Concentración de coliformes final (mg/100ml)

C : Concentración de cloro necesaria (mg/L)

t : tiempo de permanencia en la cámara de desinfección (min).

$$C_t = 7,79 \text{ mg/l}$$

Considerando los caudales de cada una de las campañas, se obtiene la dosis de hipoclorito de sodio necesaria para cada caso. Estos resultados se ven reflejados en la tabla III.IX.I.

Tabla III.IX.I: Dosis de hipoclorito necesaria para cada caso.

| Campaña | Salsifi | Garbanzos | Frijoles | Primavera |
|--------------|---------|-----------|----------|-----------|
| Dosis (Kg/d) | 4,3 | 14,3 | 14 | 8,3 |

Se debe considerar que el valor de coliformes inicial fue adoptado según parámetros de bibliografía, por lo que en operación, se debe medir la cantidad real de coliformes en el efluente y ajustar la dosis de cloro de manera acorde.

En lo que concierne al volumen de la cámara de desinfección, se la dimensiona de manera tal de garantizar 20 minutos de contacto para el mayor caudal, siendo entonces el tiempo de contacto de las otras campañas mayor a 20 minutos por lo cual no presenta un problema. Se dimensiona la cámara entonces con el caudal de la campaña de garbanzos que es de 76,6 m³/h , obteniéndose un volumen de 26 m³. Las dimensiones adoptadas de la cámara de contacto se ven en la tabla III.IX.II.

Tabla III.IX.II : Dimensiones de la cámara de desinfección.

| Parametro | unidad | valor |
|--------------------------|----------------|-------|
| Volumen | m ³ | 27 |
| Altura | m | 1,5 |
| Largo | m | 9 |
| Ancho | m | 2 |
| Area | m ² | 18 |
| Distancia entre tabiques | m | 1 |
| N° tabiques | - | 8 |

3.10 Cámara de muestreo y medición de caudal

Se propone la implementación de una cámara de muestreo y medición de caudales según lo dispuesto por la resolución N° 607/12 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, dimensionando una cámara según lo establecido para caudales hasta 90 m³/h .

En la siguiente figura (Figura III.X.I) se pueden ver los parámetros establecidos por la norma, los cuales también se reflejan en los planos presentados más adelante.

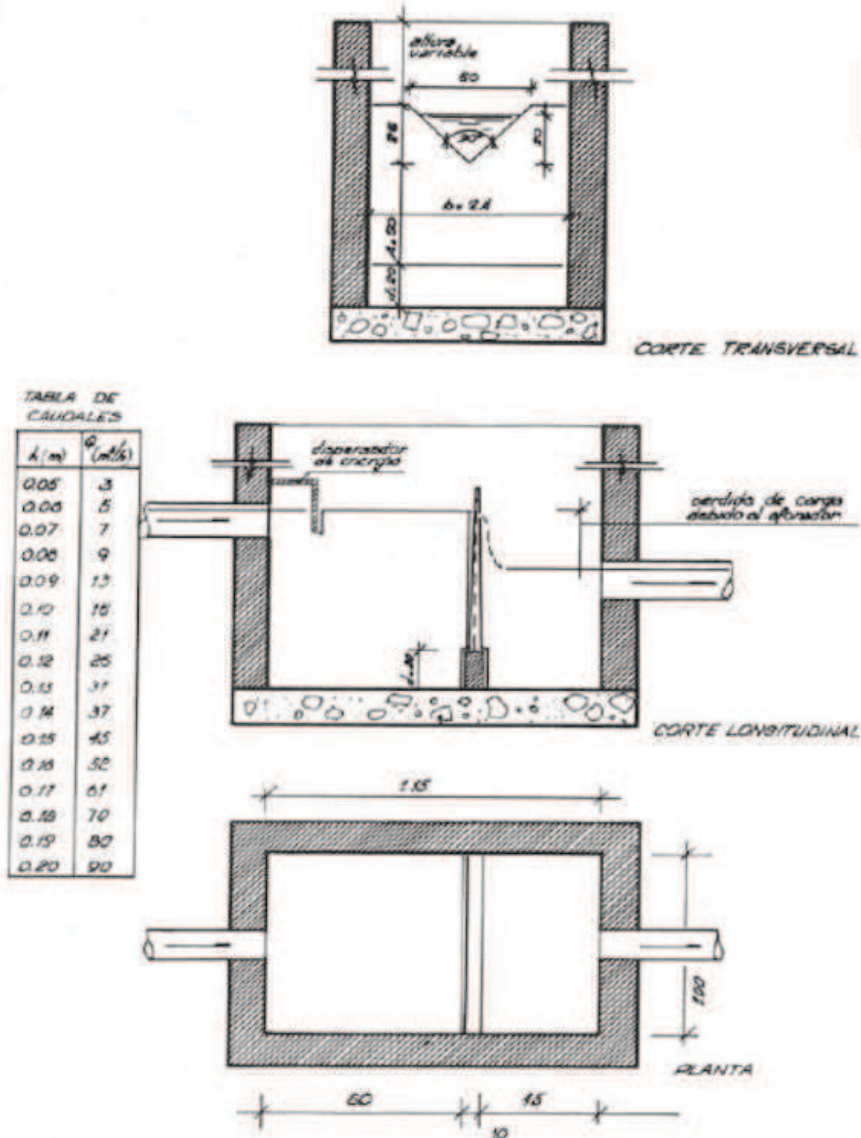


Figura III.X.I: Dimensiones de la cámara de muestreo y medición de caudales. Fuente: Res N°607/12.

3.11 Lodos

Para los lodos recolectados de los sedimentadores, se propone un tratamiento por filtros banda ya que estos tienen bajo costo operativo y energético, y permiten tratamiento en



continuo. Se alcanza un grado de sequedad del 30%, y al ser el lodo inicial casi en su totalidad agua (98% agua aproximadamente) el grado de reducción de volumen es del 30%. Se recolectarían entonces una cantidad de lodos que se puede ver en la tabla III.XI.I. Los mismos se distinguen en lodos primarios y secundarios, teniendo cada uno un sistema de recolección diferenciado debido a que la disposición de los mismos se realiza de forma diferente.

Tabla III.XI.I: Cantidad de lodos recolectados en m³/d

| | I.I | I.II | AI.I | AI.II | AII.I | AII.II | Total A | SBR | Total B |
|------------------|-----|------|-------|-------|-------|--------|---------|------|---------|
| Salsifi | 5,7 | - | 160,2 | - | 28,8 | - | 34,5 | 67,0 | 72,7 |
| garbanzos | 4,7 | 9,4 | 105,3 | 229,3 | 10,3 | 42,9 | 67,3 | 55,0 | 69,1 |
| frijoles | 3,5 | 6,9 | 14,8 | 30,1 | - | - | 10,4 | 90,2 | 100,6 |
| primavera | - | 9,8 | - | 82,6 | - | 48,4 | 140,8 | 89,7 | 99,5 |
| Total | - | - | - | - | - | - | 792,7 | - | 1090,9 |

Se puede ver que en líneas generales el tren de tratamiento A presenta una menor generación de lodos en todos los casos, siendo la diferencia los lodos secundarios generados ya que los lodos primarios son idénticos para ambos casos.

Los lodos generados serán recolectados por un ente autorizado con una frecuencia determinada en cada una de las campañas, ya que la cantidad de lodos que se producen son variables, se debe tener en cuenta que la cantidad presentada en la tabla III.XI.I son los lodos previo a la deshidratación en el filtro banda, obteniéndose un total de 555 m³ para el tren de tratamiento A y 765 m³ para el tren de tratamiento B.

En el caso de los lodos primarios se propone la instalación de un tanque colector de 150 m³ para el acopio de estos lodos que deberán ser recolectados cada 10 días.

En el caso de los lodos secundarios generados en el tren de tratamiento A, se propone la instalación de un tanque colector de 450 m³ que deberá ser recolectado al llenarse, siendo esto cada 2 días en el caso de la campaña de salsifí, 1 día para garbanzos, 10 días para frijoles y 3 días para primavera.

En el caso de los lodos secundarios provenientes del sistema SBR se propone instalar un tanque de 450 m³ que deberá ser vaciado al llenarse en cada caso, siendo esto cada 6 días en la campaña de salsifi, 8 días para garbanzos, 5 días para frijoles y primavera.

Se puede evaluar la instalación de otro tanque de apoyo según la disponibilidad de espacio cuando se finalice el dimensionamiento de todas las unidades correspondientes y se seleccione el tren de tratamiento a construir.

Se debe considerar también que debido a los cambios de campaña (y por consiguiente cambios en el efluente), no todas las unidades de tratamiento secundario funcionan en simultáneo. Por este motivo, al ser necesaria la puesta en marcha de alguno de los reactores que se encuentran en stand-by, se usarán los lodos extraídos de alguno de los reactores en funcionamiento para llenar el reactor a usar, consiguiendo así que el



tratamiento del efluente sea eficiente desde el primer día teniendo la concentración de lodo necesaria en el mismo.

3.12 Dimensionamiento de conducciones

Para el dimensionamiento de las conducciones se optó que las mismas sean cerradas, de manera de minimizar riesgos a la salud humana y al medio ambiente. Así mismo, se adoptan cañerías de PVC, debido a que el mismo es resistente a la corrosión, tiene coeficiente de rugosidad bajo, es resistente, liviano y de bajo costo, siendo óptimo para conducciones donde la temperatura no supere los 50°C lo cual aplica a este caso.

Se considera para el dimensionamiento de las conducciones que el mismo sea lo más eficiente posible, de manera de evitar bombes innecesarios que eleven los costos operacionales debido al consumo energético. Para esto se busca que las cañerías sean lo más cortas posibles, evitando cambios de dirección o accesorios innecesarios, que aumenten la pérdida de carga.

Para el realizado de los cálculos se considera un fluido ideal (no viscoso, incompresible e irrotacional), trabajando en un perfil turbulento totalmente desarrollado en todo el largo de las tuberías y en estado estacionario.

Otras consideraciones a tener en cuenta fueron tomadas de ENHOSA, tomándose como velocidad mínima de 0,6 m/s en conducciones a presión para efluentes, así como una velocidad recomendada de 3 m/s. Se toma como cota máxima 5 m/s debido a que es la máxima velocidad recomendada para tuberías de PVC. Así mismo, para las conducciones por gravedad, se recomienda un pendiente mínima del 3%.

A continuación en la Figura III.XII.I se presenta un diagrama de la planta de tratamiento en el cual se nombran las distintas secciones de cañería, que conectan las distintas operaciones unitarias.

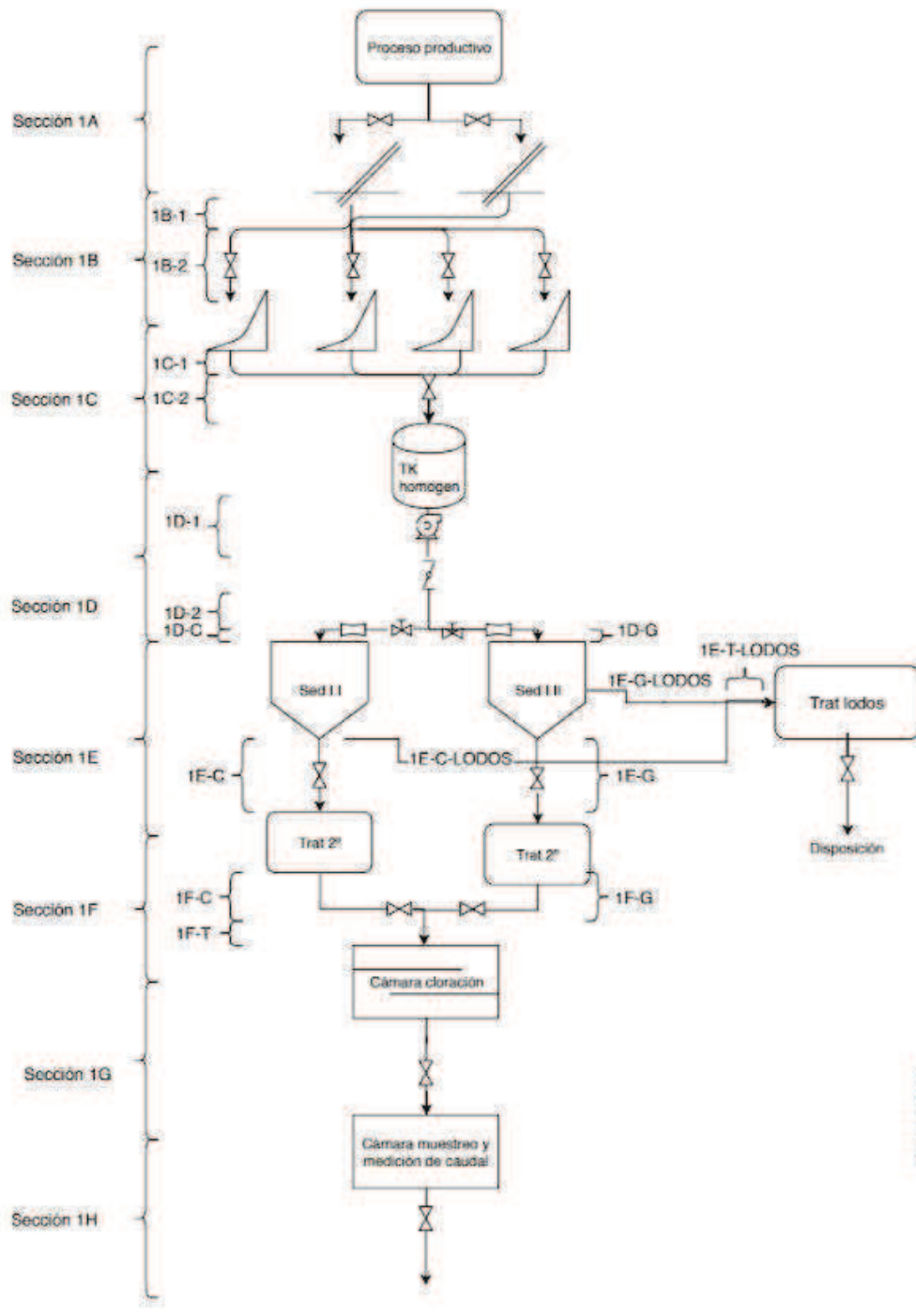


Figura III.XII.I: Esquema de la planta de tratamiento con las secciones de cañerías nombradas. Fuente: Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta para el diseño de las conducciones que el caudal varía a lo largo del año en función de los cambios de campañas, y también se debe considerar que por el diseño propuesto de la planta de tratamiento de efluentes, no todas las secciones de cañería llevan el mismo caudal. Por ejemplo, luego del tanque de homogeneización, se divide en dos corrientes de tratamiento, una diseñada para un caudal de 555 m³/d (rama "C"-chica) y otra para 1100 m³/d (rama "G"-grande), juntándose luego ambas en la sección 1F-T ("T"-todo). Se puede ver a continuación en la tabla III.XII.I el caudal que circula por cada sección en cada una de las campañas.

Tabla III.XII.I: Caudales que circulan por cada sección en las distintas campañas.

| Sección | Campaña | | | | | | | |
|---------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| | Salsifi | | Garbanzos | | Frijoles | | Primavera | |
| | (m ³ /d) | Fracción | (m ³ /d) | Fracción | (m ³ /d) | Fracción | (m ³ /d) | Fracción |
| 1A | 555 | 100% | 1838 | 100% | 1797 | 100% | 1068 | 100% |
| 1B-1 | 555 | 100% | 1838 | 100% | 1797 | 100% | 1068 | 100% |
| 1B-2 | 138.75 | 50% | 459 | 25% | 599 | 33% | 356 | 33% |
| 1C-1 | 138.75 | 50% | 459 | 25% | 599 | 33% | 356 | 33% |
| 1C-2 | 555 | 100% | 1838 | 100% | 1797 | 100% | 1068 | 100% |
| 1D-1 | 555 | 100% | 1838 | 100% | 1797 | 100% | 1068 | 100% |
| 1D-2 | 555 | 100% | 1838 | 100% | 1797 | 100% | 1068 | 100% |
| 1D-C | 555 | 100% | 555 | 30% | 555 | 31% | 0 | 100% |
| 1D-G | 0 | 0% | 1283 | 70% | 1242 | 69% | 1068 | 0% |
| 1E-C | 555 | 100% | 555 | 30% | 555 | 31% | 0 | 100% |
| 1E-G | 0 | 0% | 1283 | 70% | 1242 | 69% | 1068 | 0% |
| 1F-C | 555 | 100% | 555 | 30% | 555 | 31% | 0 | 100% |
| 1F-G | 0 | 0% | 1283 | 70% | 1242 | 69% | 1068 | 0% |
| 1F-T | 555 | 100% | 1838 | 100% | 1797 | 100% | 1068 | 100% |
| 1G | 555 | 100% | 1838 | 100% | 1797 | 100% | 1068 | 100% |
| 1H | 555 | 100% | 1838 | 100% | 1797 | 100% | 1068 | 100% |

Se debe considerar que la tabla III.XII.I muestra solamente las conducciones correspondientes al tratamiento primario y desinfección, a continuación se puede ver en la figuras III.XII.II y III.XIII.III las secciones nombradas para las dos propuestas de tratamiento secundario, y en las tablas III.XII.II y III.XII.III las tablas reflejando el caudal que circula por cada sección en las distintas campañas.

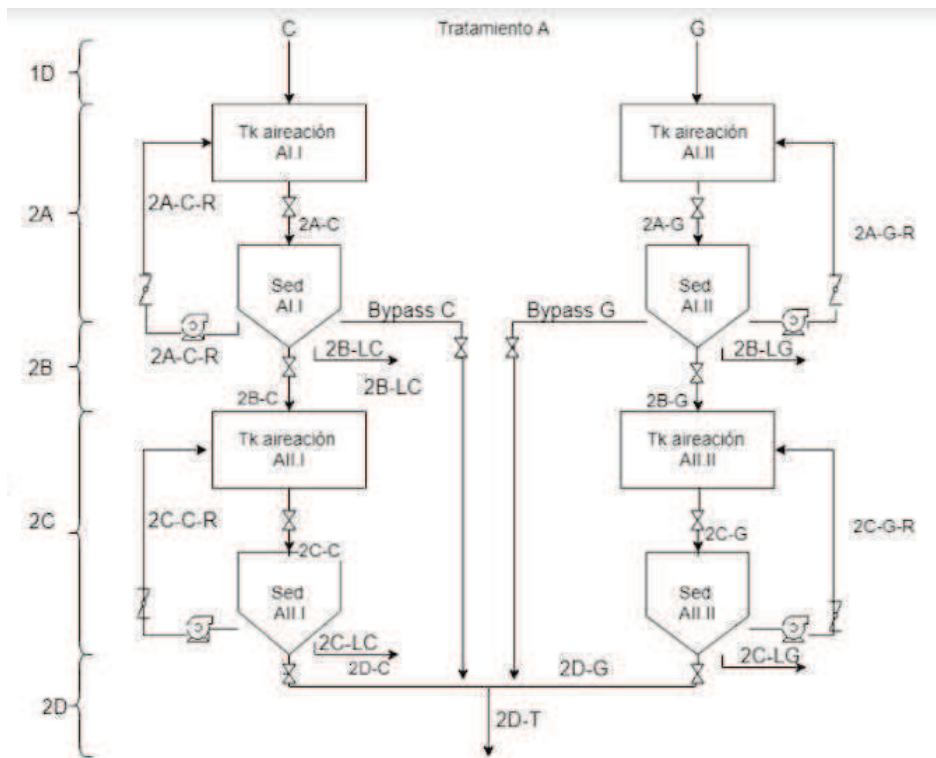


Figura III.XII.II Esquema del tren de tratamiento secundario A con las secciones de cañerías nombradas. Fuente: Elaboración propia.



Tabla III.XII.II: Caudales que circulan por cada sección del tratamiento 2° A en las distintas campañas.

| Sección | Campaña | | | | | | | |
|----------|---------|---------------|-----------|---------------|----------|---------------|-----------|---------------|
| | Salsifi | | Garbanzos | | Frijoles | | Primavera | |
| | (m³/d) | Fracción | (m³/d) | Fracción | (m³/d) | Fracción | (m³/d) | Fracción |
| 1D-C | 555 | 0% | 555 | 0% | 555 | 0% | 0 | 0% |
| 1D-G | 0 | 100% | 1283 | 100% | 1242 | 100% | 1068 | 100% |
| 2A-C | 555 | 0% | 555 | 0% | 555 | 0% | 0 | 0% |
| 2A-C-R | 91 | 0% | 180.9 | 0% | 329 | 0% | 0 | 0% |
| 2A-G | 0 | 100% | 183 | 100% | 1242 | 100% | 1068 | 100% |
| 2A-G-R | 0 | Recirculación | 441 | Recirculación | 741 | Recirculación | 544 | Recirculación |
| 2B-C | 555 | 0% | 555 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 2B-LC | 160.2 | | 10.53 | Lodos | 14.8 | Lodos | 0 | Lodos |
| 2B-G | 0 | 100% | 1283 | 100% | 0 | 100% | 1068 | 100% |
| 2B-LG | 0 | | 229.3 | Lodos | 30.1 | Lodos | 82.6 | Lodos |
| 2C-C | 555 | 0% | 555 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 2C-C-R | 306 | 0% | 336 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 2C-LC | 28.8 | | 10.3 | Lodos | 0 | Lodos | 0 | Lodos |
| 2C-G | 0 | 100% | 1283 | 100% | 0 | 100% | 1068 | 100% |
| 2C-G-R | 0 | Recirculación | 746 | Recirculación | 0 | Recirculación | 600 | Recirculación |
| 2C-LG | 0 | | 42.9 | Lodos | 0 | Lodos | 48.4 | Lodos |
| 2D-C | 555 | 0% | 555 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 2D-G | 0 | 100% | 1283 | 100% | 0 | 100% | 1068 | 100% |
| 2D-T | 555 | 100% | 1838 | 100% | 0 | 100% | 1068 | 100% |
| Bypass C | 0 | 0% | 0 | 0% | 555 | 0% | 0 | 0% |
| Bypass G | 0 | 0% | 0 | 0% | 1242 | 0% | 0 | 0% |

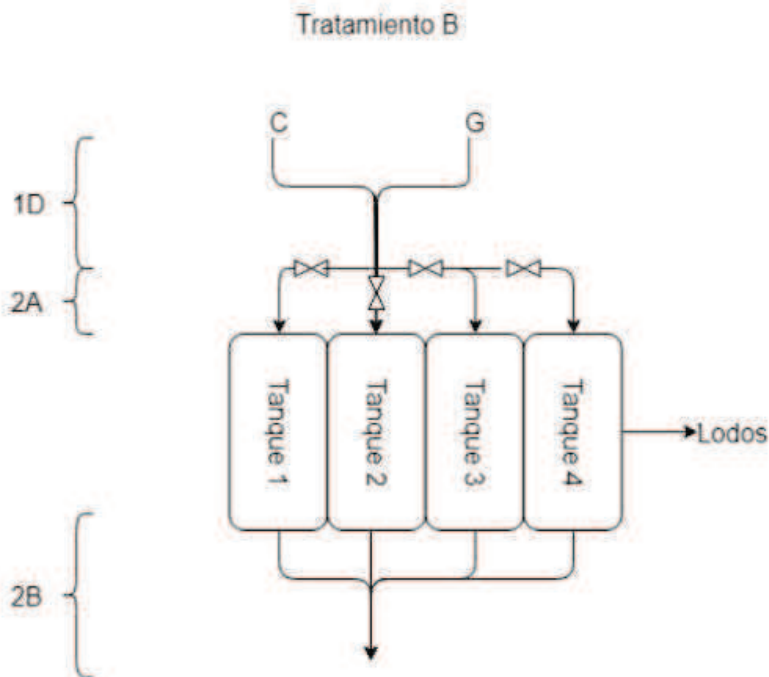


Figura III.XII.II Esquema del tren de tratamiento secundario B con las secciones de cañerías nombradas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.XII.III: Caudales que circulan por cada sección del tratamiento 2° B en las distintas campañas.

| Sección | Campaña | | | | | | | |
|---------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| | Salsifi | | Garbanzos | | Frijoles | | Primavera | |
| | (m ³ /d) | Fracción | (m ³ /d) | Fracción | (m ³ /d) | Fracción | (m ³ /d) | Fracción |
| 1D-C | 555 | 0% | 555 | 0% | 555 | 0% | 0 | 0% |
| 1D-G | 0 | 100% | 1283 | 100% | 1242 | 100% | 1068 | 100% |
| 2A-1 | 185 | 33% | 458.5 | 33% | 449.25 | 33% | 356 | 33% |
| 2A-2 | 185 | 33% | 458.5 | 33% | 449.25 | 33% | 356 | 33% |
| 2A-3 | 185 | 33% | 458.5 | 33% | 449.25 | 33% | 356 | 33% |
| 2A-4 | 0 | 0% | 458.5 | 0% | 449.25 | 0% | 0 | 0% |
| 2L-1 | 67 | Lodos | 55 | Lodos | 90.2 | Lodos | 89.7 | Lodos |
| 2L-2 | 67 | Lodos | 55 | Lodos | 90.2 | Lodos | 89.7 | Lodos |
| 2L-3 | 67 | Lodos | 55 | Lodos | 90.2 | Lodos | 89.7 | Lodos |
| 2L-4 | 0 | Lodos | 55 | Lodos | 90.2 | Lodos | 0 | Lodos |
| 2B-1 | 185 | 33% | 458.5 | 33% | 449.25 | 33% | 356 | 33% |
| 2B-2 | 185 | 33% | 458.5 | 33% | 449.25 | 33% | 356 | 33% |
| 2B-3 | 185 | 33% | 458.5 | 33% | 449.25 | 33% | 356 | 33% |
| 2B-4 | 0 | 0% | 458.5 | 0% | 449.25 | 0% | 0 | 0% |
| 2B-T | 555 | 100% | 1834 | 100% | 1797 | 100% | 1068 | 100% |

En primer lugar se dimensionaron las conducciones cuya fuerza impulsora será la gravedad. Para esto se considera que posterior al tanque de homogeneización hay un sistema de bombeo que otorga altura al efluente y permite que continúe hasta su vuelco en el cuerpo receptor por gravedad. Para esto se tiene en cuenta que los reactores se encuentren enterrados a distintos niveles para que la diferencia de altura sea suficiente entre ellos para que el efluente fluya correctamente. Es así entonces que todas las conducciones son por gravedad exceptuando las secciones 1D-1, 1D-2, 1-DC y 1D-G , aquellas conducciones que se usen para el recirculado o purga de lodos debido a su pequeño caudal y cualquier otra conducción que al dimensionarse por gravedad no cumpla con las condiciones mínimas necesarias.

Teniendo en cuenta que se optó por conducciones cerradas, se adopta que las mismas se encuentren parcialmente llenas, siendo la relación D/y que se ve en la figura III.XII.II igual a 0,75, lo que implica un ángulo $\theta=120^\circ$.

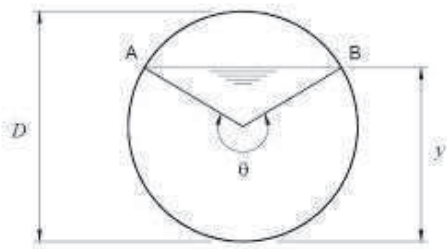


Figura III.XII.I Diagrama de un tubo parcialmente lleno. Fuente: Google imagenes.

Para el dimensionamiento se comienza por adoptar una velocidad de escurrimiento igual a 3 m/s según las recomendaciones de ENHOSA, con la cual se calcula el área mojada teniendo en cuenta el caudal de diseño según la siguiente relación.

$$A_{mojada} = \frac{Q_{diseño}}{velocidad\ escurrimiento}$$

A partir del área mojada obtenida se calcula el radio hidráulico de la tubería, para lo cual se necesita el diámetro de la misma y se adoptan tuberías de DN 110 mm, debido a la relación de aspecto entre los tanques de las operaciones unitarias y el diámetro de salida de las cañerías, de manera de garantizar una salida uniforme del efluente y no generar taponamientos. Este diámetro se adopta para todas las cañerías, la única excepción son las secciones 1B-2 y 1C-1, que con estas condiciones no se encuentran dentro de los parámetros recomendados, por lo que en lugar de cambiar el diámetro adoptado de las cañerías, se opta por aumentar la pendiente a 5‰ y no 3‰ y así se obtienen condiciones satisfactorias nuevamente. Se calcula entonces el radio hidráulico según la siguiente relación:

$$R_H = \frac{A_{mojada}}{Perimetro\ mojado} = \frac{\frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)D^2}{\frac{1}{4}\theta D} = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right)D$$

Teniendo en cuenta los valores adoptados la relación se reduce a:

$$R_H = 0,3017D$$

Teniendo el valor del radio hidráulico, se procede a calcular la velocidad de escurrimiento en conducciones por gravedad según la relación de Chezy-manning.

$$v = \frac{1}{n} i^{1/2} R_h^{2/3}$$

v = velocidad de escurrimiento (m/s).

i: pendiente: adoptada 3‰ (m/m).

R_h: radio hidráulico (m).

n: Coeficiente de Manning: 0.011 para PVC.

A partir de la velocidad obtenida según la relación de Chezy-Manning se verifica que la misma cumpla con las recomendaciones, siendo este el caso para todas las secciones con algunas excepciones, no obstante, debido al tirante de agua presente en cada uno de los tanques, se espera que las condiciones de flujo se cumplan adecuada. En las secciones 2A del tratamiento secundario B (SBR) para la campaña de salsifi únicamente se propone, al igual que antes, adoptar una pendiente mayor, en lugar de 3‰ de 5 ‰ con lo cual se cumple las condiciones mínimas de flujo. Los resultados se pueden ver en el Anexo 2, no son presentados en el cuerpo de este informe debido a su extensión.

Para las cañerías de descarga de barros, se debe tener en cuenta que las mismas posean una longitud inferior a 10 m, diámetro mínimo de 150 mm; en caso contrario, el diámetro será de 200 mm, con una velocidad mínima para evitar taponamiento de 1,4 m/s (ENHOSA). Se propone entonces la instalación de una cañería de 200 mm de diámetro en el punto inferior de los sedimentadores y reactores SBR, debido a que la distancia que deberán recorrer es superior a 10m, de manera de llegar al tratamiento de lodos y su posterior almacenamiento para ser dispuestos apropiadamente.

3.13 Dimensionamiento de sistemas de impulsión

3.13.1 Pérdidas de carga

El flujo de un fluido por el interior de conductos cerrados lleva acarreado una pérdida de carga que se debe a la presencia de accesorios y a la fricción con las paredes del tubo. Esta pérdida de carga es proporcional al cuadrado de la velocidad del fluido que circula por la cañería se puede calcular mediante la ecuación de Darcy-Weisbach si consideramos flujo turbulento completamente desarrollado.

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

h_f: Pérdidas de carga (m).



- f: Factor de fricción (adimensional).
- L: longitud de la cañería (m).
- D: Diámetro de la cañería (m).
- v: Velocidad de escurrimiento del fluido (m/s).
- g: Aceleración de la gravedad: 9,81 m/s².
- Q: Caudal (m³/s).

En régimen turbulento el coeficiente de fricción depende del número adimensional de Reynolds (Re) y de la relación ε/D siendo ε la rugosidad relativa (0,0015). Se obtiene del diagrama de Moody (Anexo 3) entonces el coeficiente de fricción f. El número de Re se obtiene de la siguiente relación:

$$Re = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

Re: Número de Reynolds

D: Diámetro del tubo (m).

v: Velocidad media de escurrimiento del líquido (m/s).

ρ : Densidad del líquido = 998,2 kg/m³ a 20°

μ : Viscosidad del líquido = 1,002 10⁻³ kN/m³ a 20°

Una vez que se obtiene el factor de fricción del diagrama de Moody se procede a calcular la pérdida de carga de cada tramo debido al flujo del efluente.

Se debe considerar también las pérdidas de carga debido a accesorios (válvulas, cambios de dirección, etc.) que también son proporcionales a la velocidad al cuadrado y pueden ser calculadas según la siguiente relación:

$$h_f = k \frac{v^2}{2g}$$

h_f : Pérdida de carga (m).

K: Constante característica del accesorio (adimensional).

v: velocidad medio de escurrimiento del líquido (m/s).

G: aceleración de la gravedad 9,81 m/s².

Se obtienen así las pérdidas de carga debidas a los accesorios que se suman con la pérdida de carga por fricción, obteniendo la pérdida de carga total para cada tramo de cañería. En la tabla III.XIII.I se pueden ver un estimado de los accesorios que lleva cada sección de cañería así como las longitudes de las mismas, que serán corroborados una vez que se tengan los planos realizados.



Tabla III.XII.I Longitud y cantidad de accesorios aproximada de cada tramo de cañería.

| Seccion | L aproximada (m) | valvula retorno | Venturi | compuerta abierta | Valvula globo | Tubo en T | Codo 90° |
|-------------|------------------|-----------------|---------|-------------------|---------------|-----------|----------|
| 1A-1 | 20 | - | - | 1 | - | 1 | 3 |
| 1A-2 | 10 | - | - | 1 | - | - | 2 |
| 1B-1-1 | 2 | - | - | - | - | 2 | 2 |
| 1B-1-2 | 4 | - | - | - | - | - | 5 |
| 1B-2-1 | 8 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 1B-2-2 | 10 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 1B-2-3 | 10 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 1B-2-4 | 12 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 1C-1-1 | 6 | - | - | - | - | - | 2 |
| 1C-1-2 | 8 | - | - | - | - | - | 1 |
| 1C-1-3 | 8 | - | - | - | - | - | 1 |
| 1C-1-4 | 10 | - | - | - | - | - | 1 |
| 1C-2 | 3 | - | - | 1 | - | - | 2 |
| 1D-1 | 1 | - | - | - | - | - | 2 |
| 1D-2 | 15 | 1 | - | - | - | 1 | - |
| 1D-C | 8 | - | 1 | - | 1 | - | 2 |
| 1D-G | 8 | - | 1 | - | 1 | - | 2 |
| 1E-C | 3 | - | - | 1 | - | - | 2 |
| 1E-G | 3 | - | - | 1 | - | - | 2 |
| 1E-C-LOD OS | 30 | 1 | - | 1 | - | - | 2 |
| 1E-G-LOD OS | 35 | 1 | - | 1 | - | - | 2 |
| 1E-T-LOD OS | 15 | - | - | 1 | - | 2 | 2 |
| 1F-C | 15 | - | - | 1 | - | - | 2 |
| 1F-G | 15 | - | - | 1 | - | - | 2 |
| 1F-T | 5 | - | - | - | - | 1 | 2 |
| 1G | 5 | - | - | 1 | - | - | 2 |
| 1H | 250 | - | - | 1 | - | - | 2 |
| 2A-C | 5 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 2A-C-R | 7 | 1 | - | - | - | - | 5 |
| 2A-G | 5 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 2A-G-R | 7 | 1 | - | - | - | - | 5 |
| 2B-C | 5 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 2B-LC | 35 | 1 | - | - | - | - | 4 |
| 2B-G | 5 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 2B-LG | 35 | 1 | - | - | - | - | 4 |
| 2C-C | 5 | - | - | 1 | - | - | 3 |



Tabla III.XII.I Longitud y cantidad de accesorios aproximada de cada tramo de cañería.

| | | | | | | | |
|----------|----|---|---|---|---|---|---|
| 2C-C-R | 7 | 1 | - | - | - | - | 5 |
| 2C-LC | 35 | 1 | - | - | - | - | 4 |
| 2C-G | 5 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 2C-G-R | 7 | 1 | - | - | - | - | 5 |
| 2C-LG | 35 | 1 | - | - | - | - | 4 |
| 2D-C | 15 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 2D-G | 15 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 2D-T | 5 | - | - | - | - | 1 | 3 |
| Bypass C | 35 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| Bypass G | 35 | - | - | 1 | - | - | 3 |
| 1D-C | 5 | - | - | - | - | 1 | 3 |
| 1D-G | 5 | - | - | - | - | 1 | 3 |
| 2A-1 | 10 | - | - | 1 | - | 1 | 3 |
| 2A-2 | 8 | - | - | 1 | - | 1 | 3 |
| 2A-3 | 8 | - | - | 1 | - | 1 | 3 |
| 2A-4 | 10 | - | - | 1 | - | 1 | 3 |
| 2L-1 | 35 | 1 | - | - | - | - | 3 |
| 2L-2 | 35 | 1 | - | - | - | - | 3 |
| 2L-3 | 35 | 1 | - | - | - | - | 3 |
| 2L-4 | 35 | 1 | - | - | - | - | 3 |
| 2B-1 | 10 | - | - | - | - | 1 | 3 |
| 2B-2 | 8 | - | - | - | - | 1 | 3 |
| 2B-3 | 10 | - | - | - | - | 1 | 3 |
| 2B-4 | 12 | - | - | - | - | 1 | 3 |
| 2B-T | 5 | - | - | - | - | 1 | 3 |

Se pueden ver los valores de las K de los accesorios de la tabla III.XIII.II.

Tabla III.XIII.II Valores de las constantes de los accesorios.

| Accesorio | K |
|-------------------------------|------|
| Valvula anti-retorno | 2.00 |
| Venturi | 7.00 |
| Compuerta abierta | 0.17 |
| valvula globo 100% abierta | 2.30 |
| valvula globo 75% abierta | 2.60 |
| valvula globo 50% abierta | 4.30 |
| Tubo en T | 1.00 |
| Codo 90° | 0.75 |

Teniendo en cuenta los valores de las K se obtienen Los valores de pérdida de carga por accesorios, que se pueden ver en la tabla III.XIII.III junto con la pérdida de carga por fricción y total.

Tabla III.XIII.III: Valores de pérdida de carga por fricción, accesorios y total de cada sección de cañerías.

| Seccion | hf friccion (m) | hf accesorios (m) | hf total (m) |
|------------|-----------------|-------------------|--------------|
| 1A-1 | 2.92 | 0.41 | 3.34 |
| 1A-2 | 1.46 | 0.20 | 1.66 |
| 1B-1-1 | 0.29 | 0.42 | 0.72 |
| 1B-1-2 | 0.58 | 0.45 | 1.04 |
| 1B-2-1 | 0.36 | 0.06 | 0.42 |
| 1B-2-2 | 0.45 | 0.06 | 0.51 |
| 1B-2-3 | 0.45 | 0.06 | 0.51 |
| 1B-2-4 | 0.54 | 0.06 | 0.60 |
| 1C-1-1 | 0.27 | 0.04 | 0.31 |
| 1C-1-2 | 0.36 | 0.02 | 0.38 |
| 1C-1-3 | 0.36 | 0.02 | 0.38 |
| 1C-1-4 | 0.45 | 0.02 | 0.47 |
| 1C-2 | 0.44 | 0.20 | 0.64 |
| 1D-1 | 0.15 | 0.18 | 0.33 |
| 1D-2 | 2.19 | 0.36 | 2.56 |
| 1D-C | 0.32 | 0.42 | 0.74 |
| 1D-G | 0.72 | 0.96 | 1.68 |
| 1E-C | 0.09 | 0.04 | 0.13 |
| 1E-G | 0.27 | 0.13 | 0.40 |
| 1E-C-LODOS | 3.62 | 0.37 | 3.99 |
| 1E-G-LODOS | 4.22 | 0.37 | 4.59 |
| 1E-T-LODOS | 1.81 | 0.27 | 2.08 |
| 1F-C | 0.44 | 0.04 | 0.49 |
| 1F-G | 1.36 | 0.13 | 1.48 |
| 1F-T | 0.73 | 0.30 | 1.03 |
| 1G | 0.73 | 0.20 | 0.93 |
| 1H | 36.54 | 0.20 | 36.74 |
| 2A-C | 0.15 | 0.06 | 0.21 |
| 2A-C-R | 0.84 | 0.57 | 1.42 |
| 2A-G | 0.35 | 0.14 | 0.50 |
| 2A-G-R | 0.84 | 0.57 | 1.42 |



Tabla III.XIII.III: Valores de pérdida de carga por fricción, accesorios y total de cada sección de cañerías

| | | | |
|----------|------|------|------|
| 2B-C | 0.12 | 0.05 | 0.16 |
| 2B-LC | 4.22 | 0.50 | 4.72 |
| 2B-G | 0.35 | 0.14 | 0.50 |
| 2B-LG | 4.22 | 0.50 | 4.72 |
| 2C-C | 0.20 | 0.08 | 0.28 |
| 2C-C-R | 0.84 | 0.57 | 1.42 |
| 2C-LC | 4.22 | 0.50 | 4.72 |
| 2C-G | 0.35 | 0.14 | 0.50 |
| 2C-G-R | 0.84 | 0.57 | 1.42 |
| 2C-LG | 4.22 | 0.50 | 4.72 |
| 2D-C | 0.60 | 0.08 | 0.68 |
| 2D-G | 1.06 | 0.14 | 1.21 |
| 2D-T | 0.57 | 0.31 | 0.88 |
| Bypass C | 1.38 | 0.08 | 1.46 |
| Bypass G | 2.15 | 0.12 | 2.28 |
| 1D-C | 0.34 | 0.18 | 0.52 |
| 1D-G | 1.11 | 0.60 | 1.71 |
| 2A-1 | 1.11 | 0.16 | 1.27 |
| 2A-2 | 0.89 | 0.16 | 1.05 |
| 2A-3 | 0.89 | 0.16 | 1.05 |
| 2A-4 | 1.11 | 0.16 | 1.27 |
| 2L-1 | 8.13 | 0.42 | 8.55 |
| 2L-2 | 8.13 | 0.42 | 8.55 |
| 2L-3 | 8.13 | 0.42 | 8.55 |
| 2L-4 | 8.13 | 0.42 | 8.55 |
| 2B-1 | 1.11 | 0.15 | 1.26 |
| 2B-2 | 0.89 | 0.15 | 1.04 |
| 2B-3 | 1.11 | 0.15 | 1.26 |
| 2B-4 | 1.33 | 0.15 | 1.48 |
| 2B-T | 3.50 | 0.98 | 4.48 |

Con los valores obtenidos de pérdida de carga total se debe corroborar que el fluido vaya en la dirección deseada en los casos que fluye por gravedad, lo cual será determinado por la diferencia de altura hidráulica entre los tanques de las distintas operaciones unitarias, mientras que en los conductos con bombeo, las pérdidas de fricción junto con las diferencias de altura deben ser tales que el bombeo ejercido permita la correcta circulación del fluido. En la sección siguiente se calculan los sistemas de impulsión teniendo en cuenta las pérdidas de carga y en la sección subsiguiente se corrobora la diferencia de altura que debe existir entre cada una de las operaciones unitarias.

3.13.2 Altura de los tanques

Para el dimensionamiento de los sistemas de impulsión se debe conocer las alturas que tendrán los niveles de agua en cada una de las operaciones unitarias que constituyen el tratamiento del efluente. Se muestra en la figura III.XIII.I un diagrama que muestra la altura de los niveles de agua de cada una de las unidades, teniendo en cuenta un cierto nivel de enterramiento en cada una para que entre todas las unidades exista una diferencia de altura tal que permita el correcto circular del efluente por gravedad.

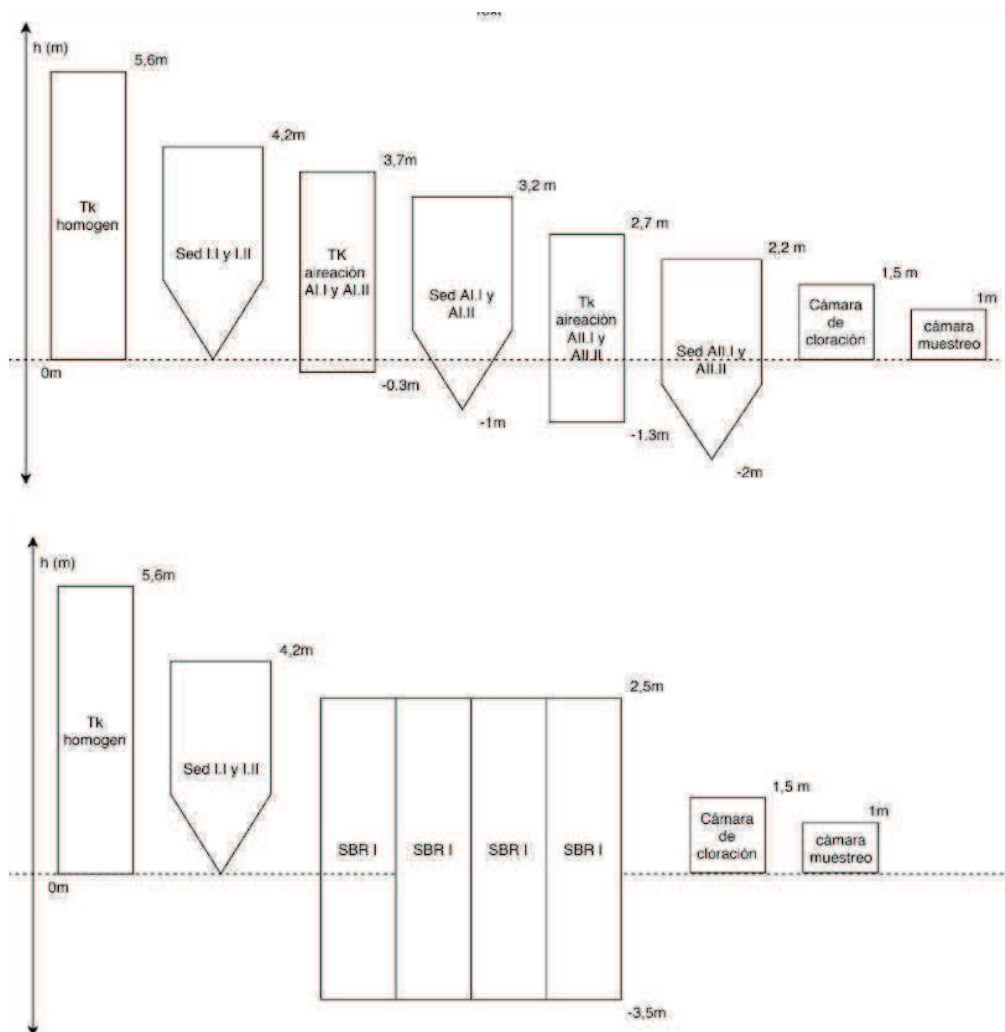


Figura III.XIII.I: Niveles de agua de cada una de las operaciones unitarias. Fuente: Elaboración propia.

3.13.3 Sistemas de impulsión

En esta sección se dimensionarán los sistemas de impulsión necesarios para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes. Se instalarán sistemas de bombeo para la salida del tanque de homogeneización, y para la recirculación y purga de los lodos, siendo el resto de los flujos impulsados por gravedad.

3.13.2.1 Salida tanque de homogenización

Para el dimensionamiento del sistema de impulsión a la salida del tanque de homogeneización se debe tener en cuenta la naturaleza variable del caudal a lo largo del año debido al proceso productivo en cuestión, por lo que el sistema de bombeo que se instale debe ser adaptable a las variaciones de caudal de salida del tanque de homogeneización que van desde los 555 m³/d a 1838 m³/d. Por este motivo se propone instalar bombas en paralelo, que otorguen flexibilidad operacional debidos a la variabilidad de los caudales. Cuando dos o más bombas operan en paralelo, sus caudales se suman en una cañería común obteniendo así un caudal mayor. Teóricamente, en un caso ideal, este caudal mayor es igual a la suma de los caudales individuales impulsados por cada bomba, no obstante, debido a las pérdidas de carga en el sistema, el caudal que se obtiene es menor a la suma directa de los caudales.

Se propone instalar 3 bombas en paralelo (Bomba I, Bomba II y Bomba III). Las bombas I y II de iguales dimensiones y la bomba III de mayor tamaño. Esto es para que las bombas I y II en conjunto puedan impulsar el caudal generado en la campaña de ensalada primavera, siendo la mitad de este aproximadamente el caudal de la campaña de salsifí (555 m³/d) , por lo que una sola de estas dos bombas permite el desplazamiento del efluente producido en dicha campaña. La tercer bomba debe ser más grande para permitir el desplazamiento de una cantidad mayor de fluido ya que la diferencia entre las campañas garbanzos y frijoles es mayor que lo que permitirían impulsar las bombas I y II (800 m³/d aproximadamente). En la figura III.XIII.I se puede observar un esquema de la propuesta de bombeo para la salida del tanque de homogeneización.

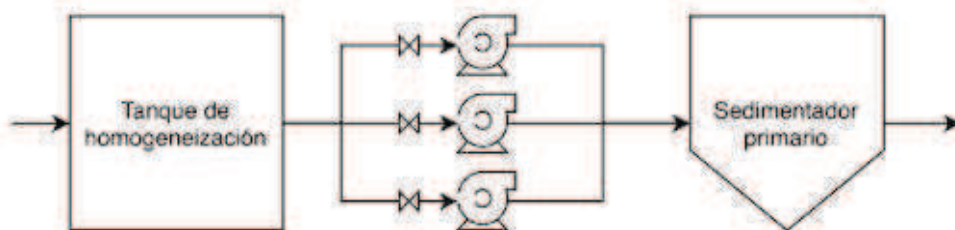


Figura III.XIII.I: Esquema del sistema de bombeo propuesto para el tanque de homogeneización. Fuente: Elaboración propia.

Las bombas a instalar irán sumergidas en el tanque de homogeneización, por lo que las mismas deben ser aptas para esto. Se debe considerar también la división del caudal en las ramas “C” y “G” mencionadas en los sistemas de conducción, para que el bombeo sea ajustado a estos caudales.

Se procede a calcular la potencia necesaria de las bombas, para lo cual se realiza un balance de energía mecánica entre los dos tanques, el de homogeneización y los sedimentadores, se toman en primer lugar los casos de la campaña de salsifí y ensalada primavera ya que los mismos necesitan un único sedimentador. Con el balance de la campaña de salsifí que engloba al sedimentador “chico” se obtiene la potencia de la bomba I (BI), ya que debido al caudal de esta campaña se usa una única bomba. Luego con la campaña de ensalada primavera se obtiene la potencia de la bomba II (BII) que impulsa el mismo caudal que BI . Luego con las campañas de garbanzos y frijoles se obtiene la potencia de la bomba III (BIII). La ecuación de Bernoulli que resulta del balance es la siguiente:

$$\frac{v_a^2}{2g} + Z_a + \frac{P_a}{\rho g} - h_f + h_{BI} = \frac{v_b^2}{2g} + Z_b + \frac{P_b}{\rho g}$$

v_a : Velocidad en el punto a (m/s).

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

Z_a : Altura en el punto a (m).

P_a : Presión en el punto a (Pa).

ρ : Densidad del agua (kg/m³).

h_f : Pérdidas de carga (m).

h_{BI} : 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).

Teniendo en cuenta que las velocidades del fluido en ambos puntos son cero debido a que se considera el punto superior de cada tanque, y por consiguiente ambos están a presión atmosférica. Las pérdidas de carga fueron calculadas en la sección anterior y la altura desarrollada de la bomba puede ser escrita según la potencia de trabajo y su eficiencia, resultando en la siguiente ecuación:

$$h_{BI} = \frac{\eta W_{BI}}{g} = \Delta Z + h_f$$

η : Eficiencia de la bomba, adoptado 50%.

W_{BI} : Potencia de la bomba.

Se realiza el mismo procedimiento para la campaña de ensalada primavera, ya disponiendo de los datos de la bomba BI, para obtener los valores de la bomba BII. Luego



con las campañas de garbanzos y frijoles se calculan los requerimientos de la bomba BIII. Se obtienen así los resultados que se pueden ver en la tabla III.XIII.IV

Tabla III.XIII.IV: Requerimiento de las bombas del tanque de homogeneización.

| | Altura desarrollada (m) | | Caudal (m ³ /d) | | Potencia (watts) | |
|-------------|-------------------------|--------|----------------------------|--------|------------------|--------|
| | Trat A | Trat B | Trat A | Trat B | Trat A | Trat B |
| BI | 4,7 | 5,4 | 555 | 555 | 92 | 106 |
| BII | 1 | 1 | 555 | 555 | 18,5 | 18,5 |
| BIII | 1,8 | 0,8 | 800 | 800 | 33 | 14,5 |

En la tabla III.XIII.V se pueden ver las bombas seleccionadas y sus características para cada tren de tratamiento, se propone comprar dos bombas de cada una requerida, de manera de tener siempre una de repuesto ante posibles eventualidades, de esta manera, garantizando la continuidad del tratamiento.

Tabla III.XIII.V: Características de las bombas para cada tratamiento.

| | Tratamiento A | | | Tratamiento B | | |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | BI | BII | BIII | BI | BII | BIII |
| Marca | Grundfos | Grundfos | Grundfos | Grundfos | Grundfos | Grundfos |
| Modelo | DPK.V.65.8 0.15.2.5.0D | DPK.V.65.8 0.15.2.5.0D | SLV.65.65 .11.E..2.5 0B | DPK.V.65.8 0.15.4.5.0D | DPK.V.65.8 0.15.4.5.0D | SLV.65.65. 09.E.2.50B |
| Potencia (kW) | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,6 | 1,6 | 0,9 |
| Consumo energetico (kWh/año) | 1481 | 1481 | 1214 | 997 | 997 | 937 |
| Eficiencia de trabajo (%) | 63 | 63 | 70 | 45 | 45 | 75 |

3.13.2.2 Recirculación de lodos

Para la selección de los equipos de bombeo necesarios para la recirculación de los lodos de los sistemas de tratamiento de lodos activos se siguió la misma metodología empleada en la sección anterior. Se requieren cuatro bombas, una por cada sedimentador secundario del tren de tratamiento A, llevando las mismas la misma nomenclatura que el



sedimentador secundario del cual recirculan los lodos. Se debe considerar que las pérdidas de carga y las diferencias de altura en todos los casos son iguales, así como la velocidad de circulación adoptada en cada caso y el diámetro de las cañerías. La diferencia de caudales a purgar se traduce en el tiempo de purga necesario para cada caso. El caudal a considerar entonces viene dado por las tuberías de 200 mm DN y velocidad de circulación de 1,4 m/s, es decir un caudal de 158,3 m³/h. Los resultados obtenidos se ven en la tabla III.XIII.VI.

Tabla III.XIII.VI Requerimientos de las bombas de recirculación de lodos.

| | Campaña | Altura desarrollada (m) | Tiempo de purga (h) | Potencia (watts) |
|-----------------|------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| B Al.I | Salsifi | 1.9 | 0.3 | 37,2 |
| | Garbanzos | 1,9 | - | 37,2 |
| | Frijoles | 1,9 | 1.1 | 37,2 |
| | Primavera | - | - | 37,2 |
| B Al.II | Salsifi | - | - | 37,2 |
| | Garbanzos | 1,9 | 1.5 | 37,2 |
| | Frijoles | 1,9 | 2.5 | 37,2 |
| | Primavera | 1,9 | 1.8 | 37,2 |
| B All.I | Salsifi | 1.9 | 1.0 | 37,2 |
| | Garbanzos | 1,9 | 1.1 | 37,2 |
| | Frijoles | - | - | 37,2 |
| | Primavera | - | - | 37,2 |
| B All.II | Salsifi | - | - | 37,2 |
| | Garbanzos | 1,9 | 2.5 | 37,2 |
| | Frijoles | - | - | 37,2 |
| | Primavera | 1,9 | 2.0 | 37,2 |

En la siguiente tabla III.XIII.VII se ven las características de la bomba elegida.



Tabla III.XIII.VII Características de las bombas usadas para recirculación de lodos.

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Marca | Grundfos |
| Modelo | S1.100.125.75.4.50L.S.226.G.N.D.511 |
| Potencia (kW) | 8,45 |
| Consumo energetico (kWh/año) | 3758 |
| Eficiencia de trabajo (%) | 57 |

3.13.2.3 Purga de lodos

Al igual que para la recirculación de lodos, se sigue el mismo procedimiento de cálculo para la selección de los equipos de bombeo para la purga de los lodos primarios y secundarios.



Tabla III.XIII.VIII Requerimientos de las bombas de purga de lodos.

| | Campaña | Altura desarrollada (m) | Tiempo de purga (h) | Potencia (watts) |
|-----------------|------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| B I.I | Salsifi | 6,5 | 0.9 | 127,5 |
| | Garbanzos | 6,5 | 0.7 | 127,5 |
| | Frijoles | 6,5 | 0.5 | 127,5 |
| | Primavera | 6,5 | - | 127,5 |
| BI.II | Salsifi | 7 | - | 137,3 |
| | Garbanzos | 7 | 1.4 | 137,3 |
| | Frijoles | 7 | 1.0 | 137,3 |
| | Primavera | 7 | 1.5 | 137,3 |
| B AI.I | Salsifi | 5,3 | 24.3 | 104 |
| | Garbanzos | 5,3 | 16.0 | 104 |
| | Frijoles | 5,3 | 2.2 | 104 |
| | Primavera | 5,3 | - | 104 |
| B AI.II | Salsifi | 5,3 | - | 104 |
| | Garbanzos | 5,3 | 34.8 | 104 |
| | Frijoles | 5,3 | 4.6 | 104 |
| | Primavera | 5,3 | 12.5 | 104 |
| B AII.I | Salsifi | 5,3 | 4.4 | 104 |
| | Garbanzos | 5,3 | 1.6 | 104 |
| | Frijoles | 5,3 | - | 104 |
| | Primavera | 5,3 | - | 104 |
| B AII.II | Salsifi | 5,3 | - | 104 |
| | Garbanzos | 5,3 | 6.5 | 104 |
| | Frijoles | 5,3 | - | 104 |
| | Primavera | 5,3 | 7.3 | 104 |



| | | | |
|----------------|---|------|-------|
| SBR I | 9 | 10.2 | 178,5 |
| SBR II | 9 | 8.3 | 178,5 |
| SBR III | 9 | 13.7 | 178,5 |
| SBR IV | 9 | 13.6 | 178,5 |

En la siguiente tabla III.XIII.VII se ven las características de las bombas elegidas.

Tabla III.XIII.XI Características de las bombas usadas para recirculación de lodos.

| | BI.I | BI.II | B A (Lodos A) | B B (Lodos SBR) |
|-------------------------------------|--|--|--|--|
| Marca | Grundfos | Grundfos | Grundfos | Grundfos |
| Modelo | S2.145.300.280.8 .62E.S.421.G.N. D.511 | S2.145.300.280.8 .62E.S.421.G.N. D.511 | S2.145.300.200.8 .62E.S.388.G.N. D.511 | S2.100.300.220.6 .58E.S.338.G.N. D.511 |
| Potencia (kW) | 27,2 | 27,2 | 20,1 | 24,52 |
| Consumo energetico (kWh/año) | 4025 | 4350 | 3354 | 5588 |
| Eficiencia de trabajo (%) | 79 | 69 | 68 | 70 |

3.14 Conclusiones

Por lo expuesto en este capítulo se concluye que el proyecto es viable técnicamente y cumple con las especificaciones requeridas por la normativa. Se presentó el dimensionamiento y diseño de las unidades, para las cuales se tuvieron en cuenta criterios conservadores, de manera de asegurar que ante condiciones desfavorables, el tratamiento siga siendo suficiente.

Capítulo IV

Recomendaciones, unidades accesorias y otros.

4.1 Salas accesorias

En la siguiente sección se presentan las salas accesorias al funcionamiento de las operaciones unitarias que constituyen el tratamiento principal del efluente líquido. Estas salas son necesarias para el correcto funcionamiento y control de los procesos. Se justificará la importancia de cada una de las mismas y se determinará el área necesaria para llevar a cabo las tareas necesarias en cada una de ellas, para así poder incorporarlas en el análisis espacial que se realizará al ubicar las operaciones unitarias.

4.1.1 Sala de operación y control

En esta sala se llevará a cabo el control de las distintas operaciones y tareas a realizar, pudiendo monitorear las distintas operaciones y parámetros de control por medio de un sistema de control computarizado en la mayor parte de los casos. Es el lugar en el cual el operador de la planta se encuentra supervisando el funcionamiento de la misma, para poder accionar correspondientemente en caso de ser necesario. En esta sala permanecen los registros de las actividades de la planta de tratamiento de efluentes. Para la misma se prevee una superficie de 20 m².

4.1.2 Laboratorio de control

El laboratorio de control es necesario para poder analizar el efluente en los distintos puntos críticos necesarios, de manera de conocer las condiciones de entrada y salida del mismo. Esto permite garantizar el correcto funcionamiento de las unidades, pudiendo detectar factores que puedan representar un problema en el ingreso, así como corroborar que las condiciones de salida sean las requeridas por la normativa y los parámetros operativos de los distintos tanques. Los parámetros a analizar en este laboratorio de control se explicarán más adelante en la sección 4.3 parámetros de control de la planta. Se dispone para el laboratorio de control una superficie de 35 m².



4.1.3 Sala de sopladores

Tanto para el funcionamiento del tren de tratamiento A como el tren de tratamiento B se requiere de sopladores que provean aireación y mezcla en los tanques correspondientes, para ello se requieren sopladores que contarán con una sala especial para estos, que tendrá las paredes apropiadamente insonorizadas. Esta sala se encontrara en las proximidades de los tanques que requieran la aireación para facilitar el funcionamiento de las mismas. Se dispondrá para esta sala un área de 20 m².

4.2 Disposición de las unidades

En esta sección se explicarán los criterios que se tienen en cuenta a la hora de elegir la ubicación de las distintas unidades en el predio disponible.

En primer lugar se tiene en cuenta que para la ubicación del sistema de rejillas, que él mismo se encuentre lo más próximo posible a la salida del efluente desde el proceso productivo, igualmente, se busca que la última operación unitaria de la planta de tratamientos propuesta se ubique lo más cerca posible del punto de descarga en el río Reconquista. Se tiene en cuenta también la disposición de los tanques de almacenamiento de lodos.

4.3 Parámetros de control de la planta

En la siguiente sección se detallarán los parámetros más importantes a controlar para verificar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes, y poder detectar situaciones problemáticas para trabajar sobre ellas, al igual que las tareas de mantenimiento que deben ser realizadas para evitar la aparición de problemas.

Para las unidades de pretratamiento (sistemas de rejillas y tamices) se recomienda tener una rutina de mantenimiento preventivo, limpiando las rejillas a profundidad y realizando el mantenimiento electromecánico necesario recomendado por el proveedor del sistema elegido, al igual que en el caso de los tamices. Esto es para evitar en los sistemas de rejillas problemas electromecánicos, problemas de retención de sólidos en el rastrillo, bloqueos por sobrecarga, cambios en la velocidad de paso por obstrucciones en la parte inferior, y en tamices evitar obturaciones y atascamientos.

En lo referente a los sistemas de lodos activos y SBR, se recomienda revisar los siguientes parámetros:

- Relación F/M para corroborar que la relación alimento/microorganismos tenga un valor que permita un correcto tratamiento del efluente.
- DBO₅ : Permite mantener un control sobre la eficiencia del tratamiento.
- SSV : Indica la cantidad de biomasa presente, que debe rondar los 3000 mg/L.
- C/N/P : Se debe corroborar la relación de nutrientes que otorgan las condiciones propicias para el crecimiento y correcto funcionamiento de los microorganismos que depuran la contaminación carbonosa, la misma debe tener valor aproximado de 100:5:1 (C:N:P).



- IVL: índice volumétrico de lodos, indica la capacidad de decantar de los lodos, entre 50 y 200 ml/g indica una buena decantación, entre 200 y 400 ml/g la decantación es es media, y entre 400 y 600 ml/g la decantación es mala. Se calcula según: $SS_{30'}(mL/L)/SST(mg/L) = IVL (mL/g)$
- oxígeno disuelto: Se debe controlar para tener una noción de la oxigenación provista a los microorganismos (ideal 2mg/L) y también otorga un punto de referencia para el nivel de mezcla.
- Microorganismos: De ser posible y tener personal entrenado, el reconocimiento de los tipos de microorganismos presentes en el floc biológico a través del microscopio otorga información valiosa sobre el estado de las colonias lo que indica medidas preventivas/correctivas a tomar.

Para los sedimentadores primarios se recomienda controlar los sólidos sedimentables en 10 minutos y 2 horas, para asegurarse de la buena decantabilidad de los lodos primarios.

En la cámara de cloración, se recomienda controlar el nivel de cloro residual a la salida de la misma, para regular la dosis de cloro usada de ser necesario.

Se recomienda igualmente controlar los parámetros de DBO_5 , DQO y Sólidos sedimentables a la entrada y a la salida de la planta de tratamiento, para poder hacer un seguimiento de la eficiencia global del tratamiento, debido a que estos son los parámetros que inicialmente se encuentran por fuera de la normativa.

4.4 Conclusiones

En este capítulo se presentaron recomendaciones y los accesorios necesarios a las operaciones unitarias dimensionadas previamente. Se considera que para el correcto funcionamiento de la planta los puntos considerados en este capítulo deben ser respetados, de manera de respetar los parámetros dispuestos por la normativa.



Capítulo V

Cómputo y presupuesto

En este capítulo se analizará el actor económico de la implementación de la planta de tratamiento de efluentes diseñada en las secciones anteriores. Para ellos se tendrán en cuenta los costos de inversión inicial necesarios en la totalidad de la planta, discriminando el costo de inversión de ambos trenes de tratamiento biológico propuestos. Se consideran también los costos de funcionamiento de la planta (operación, mantenimiento y otros) así como la viabilidad de la inversión. Por último se considera el financiamiento de la obra, ya que debe considerarse este aspecto al ser la misma de gran envergadura.

5.1 Inversión inicial

Los costos de inversión inicial representan el capital necesario para la construcción y puesta en funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes diseñada. Entre ellos se incluyen los materiales necesarios, mano de obra, adquisición de equipamientos, así como los gastos por costos legales y administrativos. Se pueden ver en la tabla V.I.I los costos detallados de las tareas requeridas para la correcta implementación de las distintas unidades, así como los materiales y equipamientos necesarios para el tren de tratamiento A, y en la tabla V.I.II para el tren de tratamiento B. Se discriminan los costos en distintas etapas. Entre lo indicado se incluye el costo de todas las variables para que la planta pueda entrar en marcha, como posicionamiento y anclaje de equipos e instrumentos, tendido y conexión eléctrica, tendido de cañerías y accesorios, equipos de bombeo, etc. Se tienen en cuenta también el ítem AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad) que considera los imprevistos del proyecto y los costos que estos puedan representar. Para este valor se tienen en cuenta un estimado conservador. Todos los costos fueron extraídos de distintos proveedores, encontrándose los presupuestos individuales en los anexos (Anexo 3).

Los honorarios por el ejercicio profesional de ingeniería fueron calculados según lo establecido por el Colegio Profesional de Ingeniería Química de jurisdicción Nacional según lo establecido en la Resolución N 15/12. Obteniéndose el valor base según lo establecido por el DECRETO-LEY N° 7887/55 sobre ARANCEL DE HONORARIOS PARA LA JURISDICCIÓN NACIONAL considerándose la obra presente como una obra de ingeniería de tercera categoría y actualizando los honorarios según lo establecido por la ley 21165.

Se debe tener en cuenta el precio del sistema de automatización de las unidades que debe ser implementado por especialistas en automatización y electrónica, se estima que el costo del mismo será aproximadamente del 3% del costo de inversión neto total de la planta.



Proyecto final : Diseño de planta de tratamiento de efluentes para una industria productora de conservas en el partido de San Miguel

Autor: Lucas Klug ; Legajo N°6202

Buenos Aires - 2018

Se obtiene así un costo de inversión inicial para el tren de tratamiento A (lodos activos) del proyecto de \$20.233.210,26 (Veinte millones doscientos treinta y tres mil doscientos diez pesos con veintiséis centavos) al día 18/12/2018 lo que representa un total de U\$D 517.473,41 (Quinientos diecisiete mil cuatrocientos setenta y tres dólares estadounidenses con cuarenta y un centavos), y para el tren de tratamiento B (SBR) un costo de \$20.988.935,02 (Veinte millones novecientos ochenta y ocho mil novecientos treinta y cinco pesos con dos centavos) al día 18/12/2018 lo que representa un total de U\$D536.801,4 (quinientos treinta y seis mil ochocientos uno dólares estadounidenses con cuarenta centavos).

Tabla V.I.I: Costo de inversión discriminado del tren de tratamiento A.

| Nro RUB. | ITEM | Descripción de los trabajos | Un. | Cant. | Costo unitario | Importe ítem | Importe Rubro | %Incidencia Item | Rubro |
|---|-----------------------------------|--|-----|-------|----------------|------------------------|-----------------------|------------------|----------------|
| 1 Trabajos preliminares | | | | | | | \$4.244.000,00 | | 27,68% |
| | 1.01 | Demolición edificios preexistentes | m2 | 4000 | \$686 | \$2.744.000,00 | | 17,6% | |
| | 1.02 | Limpieza y preparación del terreno | m2 | 6000 | \$250 | \$1.500.000,00 | | 9,6% | |
| 2 Movimiento de tierra y material | | | | | | | \$99.898,50 | | 6,42% |
| | 2.01 | Excavación para conducciones | m3 | 100 | \$102,46 | \$10.246,00 | | 0,066% | |
| | 2.02 | Excavación para bases estructurales y entierro de unidades | m3 | 875 | \$102,46 | \$89.652,50 | | 0,576% | |
| 3 Elementos estructurales estructuras accesorias | | | | | | | \$203.134,00 | | 13,05% |
| | 3.01 | m3 de hormigón armado necesarios | m3 | 25 | \$8.152,36 | \$203.134,00 | | 1,305% | |
| 4 Mampostería para salas | | | | | | | \$134.461,60 | | 0,864% |
| | 4.01 | Ladrillos comunes | m2 | 280 | \$480,22 | \$134.461,60 | | 0,864% | |
| 5 Capas aisladoras | | | | | | | \$48.006,25 | | 0,308% |
| | 5.01 | En muros sala sopladores | m2 | 125 | \$384,05 | \$48.006,25 | | 0,308% | |
| 6 Revoques | | | | | | | \$49.352,80 | | 0,317% |
| | 6.01 | Impermeable de cemento | m2 | 280 | \$176,26 | \$49.352,80 | | 0,317% | |
| 7 Carpinterías | | | | | | | \$249.757,80 | | 1,605% |
| | 7.01 | Madera: Puentes y ventanas | m2 | 60 | \$4.162,63 | \$249.757,80 | | 1,605% | |
| 8 Instalaciones eléctricas | | | | | | | \$412.947,51 | | 2,653% |
| | 8.01 | Tendido eléctrico lineal | m | 50 | \$155,23 | \$7.761,50 | | 0,05% | |
| | 8.02 | Provisión y montaje tableros eléctricos | gl | 1 | \$5.996,01 | \$5.996,01 | | 0,039% | |
| | 8.03 | Provisión y montaje sistema de automatización | gl | 1 | \$399.190,00 | \$399.190,00 | | 3% | |
| 9 Cañerías y accesorios | | | | | | | \$163.934,87 | | 1,053% |
| | 9.01 | Cañería PVC DN 110 mm | m | 225 | \$87,73 | \$19.739,25 | | 0,127% | |
| | 9.02 | Cañería PVC DN 200 mm | m | 50 | \$816,50 | \$40.825,00 | | 0,262% | |
| | 9.03 | Válvula anti-retorno PVC DN 110mm | un | 14 | \$1.250,00 | \$17.500,00 | | 0,112% | |
| | 9.04 | Válvula anti-retorno PVC DN 200mm | un | 2 | \$1.250,00 | \$2.500,00 | | 0,016% | |
| | 9.05 | Venturi PVC DN 110mm | un | 2 | \$1.553,43 | \$3.106,86 | | 0,02% | |
| | 9.06 | Válvula compuerta PVC DN110mm | un | 2 | \$491,88 | \$983,76 | | 0,006% | |
| | 9.07 | Válvula globo PVC DN 110mm | un | 2 | \$11.290,00 | \$22.580,00 | | 0,145% | |
| | 9.08 | Tubo T PVC DN 110mm | un | 45 | \$700,00 | \$31.500,00 | | 0,202% | |
| | 9.09 | Codo 90º PVC DN 110mm | un | 36 | \$700,00 | \$25.200,00 | | 0,162% | |
| 10 Equipamientos y unidades | | | | | | | \$8.100.043,74 | | 52,043% |
| | 10.1 | Tamices modelo Spiramatic SVA | un | 4 | \$169.555,50 | \$678.222,00 | | 4,358% | |
| | 10.2 | Bomba Grundfos DPK.V.65.8.0.15.2.5.0D | un | 2 | \$36.526,00 | \$73.052,00 | | 0,469% | |
| | 10.3 | Bomba Grundfos SLV.65.65.11.E.2.5.OB | un | 1 | \$36.526,00 | \$36.526,00 | | 0,235% | |
| | 10.4 | bomba Grundfos S1.100.125.75.4.50L.S.226.G.N.D.511 | un | 6 | \$15.453,00 | \$92.718,00 | | 0,596% | |
| | 10.5 | Carpintería de hierro: Rejas sistema de tratamiento | m2 | 1 | \$3.825,30 | \$3.825,30 | | 0,025% | |
| | 10.6 | Difusores de burbuja fina REPICKY modelo RG-300 tq homogeneización | un | 379 | \$1.132,00 | \$429.028,00 | | 2,757% | |
| | 10.7 | Soplador Repicky modelo R2.0 | un | 2 | \$91.000,00 | \$182.000,00 | | 1,169% | |
| | 10.8 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de entrada Sed I.I | m2 | 3,8 | \$3.594,60 | \$13.659,48 | | 0,088% | |
| | 10.9 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de entrada Sed I.II | m2 | 5,2 | \$3.594,60 | \$18.691,92 | | 0,12% | |
| | 10.10 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de vertederos Sed I.I | m2 | 1,2 | \$3.594,60 | \$4.313,52 | | 0,028% | |
| | 10.11 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de vertederos Sed I.II | m2 | 2,3 | \$3.594,60 | \$8.267,58 | | 0,053% | |
| | 10.12 | Provisión e instalación barredor Sed I.I (JORSUN modelo ZG4) | un | 1 | \$379.153,00 | \$379.153,00 | | 2,436% | |
| | 10.13 | Provisión e instalación barredor Sed I.II (JORSUN modelo ZXG6) | un | 1 | \$379.153,00 | \$379.153,00 | | 2,436% | |
| | 10.14 | Difusores de burbuja fina REPICKY modelo RG-300 tq AI.I | un | 90 | \$1.132,00 | \$101.880,00 | | 0,655% | |
| | 10.15 | Difusores de burbuja fina REPICKY modelo RG-300 tq AI.II | un | 90 | \$1.132,00 | \$101.880,00 | | 0,655% | |
| | 10.16 | Soplador Repicky modelo R500 | un | 2 | \$91.000,00 | \$182.000,00 | | 1,169% | |
| | 10.17 | Soplador Repicky modelo R100 | un | 2 | \$91.000,00 | \$182.000,00 | | 1,169% | |
| | 10.18 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de entrada Sed AI.I | m2 | 3,3 | \$3.594,60 | \$11.862,18 | | 0,076% | |
| | 10.19 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de entrada Sed AI.II | m2 | 4,8 | \$3.594,60 | \$17.254,08 | | 0,111% | |
| | 10.20 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de vertederos Sed AI.I | m2 | 2 | \$3.594,60 | \$7.189,20 | | 0,046% | |
| | 10.21 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de vertederos Sed AI.II | m2 | 3,5 | \$3.594,60 | \$12.581,10 | | 0,081% | |
| | 10.22 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de entrada Sed AI.II | m2 | 3,3 | \$3.594,60 | \$11.862,18 | | 0,076% | |
| | 10.23 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de entrada Sed AI.II | m2 | 4,8 | \$3.594,60 | \$17.254,08 | | 0,111% | |
| | 10.24 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de vertederos Sed AI.I | m2 | 2 | \$3.594,60 | \$7.189,20 | | 0,046% | |
| | 10.25 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de vertederos Sed AI.II | m2 | 3,5 | \$3.594,60 | \$12.581,10 | | 0,081% | |
| | 10.26 | Provisión e instalación barredor Sed AI.I (JORSUN modelo ZXG6) | un | 1 | \$379.153,00 | \$379.153,00 | | 2,436% | |
| | 10.27 | Provisión e instalación barredor Sed AI.II (JORSUN modelo ZXG9) | un | 1 | \$379.153,00 | \$379.153,00 | | 2,436% | |
| | 10.28 | Difusores de burbuja fina REPICKY modelo RG-300 tq AI.II | un | 30 | \$1.132,00 | \$33.960,00 | | 0,218% | |
| | 10.29 | Difusores de burbuja fina REPICKY modelo RG-300 tq AI.II | un | 30 | \$1.132,00 | \$33.960,00 | | 0,218% | |
| | 10.30 | Soplador Repicky modelo R100 | un | 2 | \$91.000,00 | \$182.000,00 | | 1,169% | |
| | 10.31 | Soplador Repicky modelo R200 | un | 2 | \$91.000,00 | \$182.000,00 | | 1,169% | |
| | 10.32 | m3 hormigón rejas | m3 | 3,3 | \$8.125,36 | \$26.813,69 | | 0,172% | |
| | 10.33 | m3 hormigón tanque de homogeneización | m3 | 195 | \$8.125,36 | \$1.584.445,20 | | 10,18% | |
| | 10.34 | m3 hormigón sed I.I | m3 | 15,6 | \$8.125,36 | \$16.755,62 | | 0,814% | |
| | 10.35 | m3 hormigón sed I.II | m3 | 21,7 | \$8.125,36 | \$176.320,31 | | 1,133% | |
| | 10.36 | m3 hormigón cámara de cloración | m3 | 17 | \$8.125,36 | \$138.131,12 | | 0,888% | |
| | 10.37 | m3 hormigón cámara de muestreo y medición de caudal | m3 | 1,3 | \$8.125,36 | \$10.562,97 | | 0,068% | |
| | 10.38 | m3 hormigón tanque de aireación AI.I | m3 | 26,9 | \$8.125,36 | \$218.572,18 | | 1,404% | |
| | 10.39 | m3 hormigón tanque de aireación AI.II | m3 | 33,6 | \$8.125,36 | \$273.012,10 | | 1,754% | |
| | 10.4 | m3 hormigón tanque de aireación AI.I | m3 | 26,7 | \$8.125,36 | \$216.947,11 | | 1,394% | |
| | 10.41 | m3 hormigón tanque de aireación AI.II | m3 | 33,6 | \$8.125,36 | \$273.012,10 | | 1,754% | |
| | 10.42 | m3 hormigón sedimentador AI.I | m3 | 23,2 | \$8.125,36 | \$188.508,35 | | 1,211% | |
| | 10.43 | m3 hormigón sedimentador AI.II | m3 | 32,25 | \$8.125,36 | \$262.042,86 | | 1,684% | |
| | 10.44 | m3 hormigón sedimentador AI.II | m3 | 23,2 | \$8.125,36 | \$188.508,35 | | 1,211% | |
| | 10.45 | m3 hormigón sedimentador AI.II | m3 | 32,25 | \$8.125,36 | \$262.042,86 | | 1,684% | |
| 11 Honorarios | | | | | | | \$1.548.725,69 | | 10% |
| | 11.01 | Croquis preliminares | gl | 1 | \$108.410,80 | \$108.410,80 | | 0,7% | |
| | 11.02 | Croquis pre y anteproyecto | gl | 1 | \$418.155,94 | \$418.155,94 | | 2,7% | |
| | 11.03 | Elaboración proyecto de ingeniería básica y en detalle | gl | 1 | \$712.413,82 | \$712.413,82 | | 4,6% | |
| | 11.04 | Dirección obra y capacitaciones | gl | 1 | \$309.745,14 | \$309.745,14 | | 2,0% | |
| 12 Entrega final | | | | | | | \$464.617,71 | | 3% |
| | 12.01 | Puesta en marcha | gl | 1 | \$309.745,14 | \$309.745,14 | | 2% | |
| | 12.02 | Revisión y ajuste | gl | 1 | \$154.872,57 | \$154.872,57 | | 1% | |
| TOTAL | NETO | | | | | \$15.564.007,89 | | | |
| TOTAL | ESTIMADO (incluye AIU 30%) | | | | | \$20.233.210,26 | | | |

Tabla V.I.I: Costo de inversión discriminado del tren de tratamiento B.

| Nro RUB. | ITEM | Descripción de los trabajos | Un. | Cant. | Costo unitario | Importe item | Importe Rubro | %Incidencia Item | Rubro |
|--------------|---|--|-----|-------|----------------|------------------------|-----------------------|------------------|----------------|
| 1 | Trabajos preliminares | | | | | | \$4.244.000,00 | | 26,826% |
| | 1.01 | Demolición edificios preexistentes | m2 | 4000 | \$686,00 | \$2.744.000,00 | | 17% | |
| | 1.02 | Limpieza y preparación del terreno | m2 | 6000 | \$250,00 | \$1.500.000,00 | | 9,3% | |
| 2 | Movimiento de tierra y material | | | | | | \$144.980,90 | | 0,898% |
| | 2.01 | Excavación para conducciones | m3 | 100 | \$102,46 | \$10.246,00 | | 0,063% | |
| | 2.02 | Excavación para bases estructurales y entierro de unidades | m3 | 1315 | \$102,46 | \$134.734,90 | | 0,835% | |
| 3 | Elementos estructurales estructuras accesorias | | | | | | \$203.134,00 | | 1,258% |
| | 3.01 | m3 de hormigón armado necesarios | m3 | 25 | \$8.125,36 | \$203.134,00 | | 1,258% | |
| 4 | Mampostería para salas | | | | | | \$134.461,60 | | 0,833% |
| | 4.01 | Ladrillos comunes | m2 | 280 | \$480,22 | \$134.461,60 | | 0,833% | |
| 5 | Capas aisladoras | | | | | | \$48.006,25 | | 0,297% |
| | 5.01 | En muros sala sopladores | m2 | 125 | \$384,05 | \$48.006,25 | | 0,297% | |
| 6 | Revoques | | | | | | \$49.325,80 | | 0,306% |
| | 6.01 | Impermeable de cemento | m2 | 280 | \$176,26 | \$49.352,80 | | 0,306% | |
| 7 | Carpinterías | | | | | | \$249.757,80 | | 1,547% |
| | 7.01 | Madera: Puentes y ventanas | m2 | 60 | \$4.162,63 | \$249.757,80 | | 1,547% | |
| 8 | Instalaciones eléctricas | | | | | | \$423.650,51 | | 2,624% |
| | 8.01 | Tendido eléctrico lineal | m | 50 | \$155,23 | \$7.761,50 | | 0,048% | |
| | 8.02 | Provisión y montaje tableros eléctricos | gl | 1 | \$5.996,01 | \$5.996,01 | | 0,037% | |
| | 8.03 | Provisión y montaje sistema de automatización | gl | 1 | \$409.893,00 | \$409.893,00 | | 3% | |
| 9 | Cañerías y accesorios | | | | | | \$163.934,87 | | 1,015% |
| | 9.01 | Cañería PVC DN 110 mm | m | 225 | \$87,73 | \$19.739,25 | | 0,122% | |
| | 9.02 | Cañería PVC DN 200 mm | m | 50 | \$816,50 | \$40.825,00 | | 0,253% | |
| | 9.03 | Válvula anti-retorno PVC DN 110mm | un | 14 | \$1.250,00 | \$17.500,00 | | 0,108% | |
| | 9.04 | Válvula anti-retorno PVC DN 200mm | un | 2 | \$1.250,00 | \$2.500,00 | | 0,015% | |
| | 9.05 | Venturi PVC DN 110mm | un | 2 | \$1.553,43 | \$3.106,86 | | 0,019% | |
| | 9.06 | Válvula compuerta PVC DN110mm | un | 2 | \$491,88 | \$983,76 | | 0,06% | |
| | 9.07 | Valvula globo PVC DN 110mm | un | 2 | \$11.290,00 | \$22.580,00 | | 0,140% | |
| | 9.08 | Tubo T PVC DN 110mm | un | 45 | \$700,00 | \$31.500,00 | | 0,195% | |
| | 9.09 | Codo 90º PVC DN 110mm | un | 36 | \$700,00 | \$25.200,00 | | 0,156% | |
| 10 | Equipamientos y unidades | | | | | | \$8.411.730,80 | | 40,077% |
| | 10.1 | Provisión e instalación tamices rotativos | un | 4 | \$169.555,50 | \$678.222,00 | | 4,201% | |
| | 10.2 | Provisión e instalación bomba Grundfos DPK.V.65.8.0.15.4.5.0D | un | 3 | \$36.526,00 | \$109.578,00 | | 0,679% | |
| | 10.3 | Provisión e instalación bomba Grundfos SLV.65.65.09.E.2.50B | un | 2 | \$36.526,00 | \$73.052,00 | | 0,452% | |
| | 10.4 | Carpintería de hierro: Rejas sistema de tratamiento | m2 | 1 | \$3.825,30 | \$3.825,30 | | 0,024% | |
| | 10.5 | Difusores de burbuja fina REPICKY modelo RG-300 tq homogeneización | un | 379 | \$1.132,00 | \$429.028,00 | | 2,657% | |
| | 10.6 | Soplador Repicky modelo R2.0 | un | 2 | \$91.000,00 | \$182.000,00 | | 1,127% | |
| | 10.7 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de entrada Sed I.I | m2 | 3.8 | \$3.594,60 | \$13.659,48 | | 0,085% | |
| | 10.8 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de entrada Sed I.II | m2 | 5.2 | \$3.594,60 | \$18.691,92 | | 0,116% | |
| | 10.9 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de vertederos Sed I.I | m2 | 121 | \$3.594,60 | \$434.946,60 | | 2,694% | |
| | 10.10 | Carpintería de acero inoxidable: Sistema de vertederos Sed I.I | m2 | 228 | \$3.594,60 | \$819.568,80 | | 5,076% | |
| | 10.11 | Provisión e instalación barredor Sed I.I (JORSUN modelo ZXG4) | un | 1 | \$379.153 | \$379.153 | | 2,348% | |
| | 10.12 | Provisión e instalación barredor Sed I.II (JORSUN modelo ZXG6) | un | 1 | \$379.153 | \$379.153 | | 2,348% | |
| | 10.13 | Carpintería de acero inoxidable: Deflector ingreso SBR | m2 | 3 | \$3.594,60 | \$10.783,80 | | 0,067% | |
| | 10.14 | Provisión e instalación decantador flotante | un | 4 | \$379.915,30 | \$151.661,20 | | 0,939% | |
| | 10.15 | Difusores de burbuja fina REPICKY modelo RG-300 SBR | un | 240 | \$1.132,00 | \$271.680,00 | | 1,683% | |
| | 10.16 | Soplador Repicky modelo R300 | un | 8 | \$91.000,00 | \$728.000,00 | | 4,509% | |
| | 10.17 | m3 hormigón rejas | m3 | 3.3 | \$8.125,36 | \$26.813,69 | | 0,166% | |
| | 10.18 | m3 hormigón tanque de homogeneización | m3 | 195 | \$8.125,36 | \$1.584.445,20 | | 9,814% | |
| | 10.19 | m3 hormigón sed I.I | m3 | 15.6 | \$8.125,36 | \$126.755,62 | | 0,785% | |
| | 10.20 | m3 hormigón sed I.II | m3 | 21.7 | \$8.125,36 | \$176.320,31 | | 1,092% | |
| | 10.21 | m3 hormigón cámara de cloración | m3 | 17 | \$8.125,36 | \$138.131,12 | | 0,856% | |
| | 10.22 | m3 hormigón cámara de muestreo y medición de caudal | m3 | 1.3 | \$8.125,36 | \$10.562,97 | | 0,065% | |
| | 10.23 | m3 hormigón tanques SBR | m3 | 205 | \$8.125,36 | \$1.665.698,80 | | 10,317% | |
| 11 | Honorarios | | | | | | \$1.595.250,08 | | 10% |
| | 11.01 | Croquis preliminares | gl | 1 | \$111.317,51 | \$111.317,51 | | 0,7% | |
| | 11.02 | Croquis pre y anteproyecto | gl | 1 | \$429.367,52 | \$429.367,52 | | 2,7% | |
| | 11.03 | Elaboración proyecto de ingeniería básica y en detalle | gl | 1 | \$736.515,04 | \$736.515,04 | | 4,6% | |
| | 11.04 | Dirección obra y capacitaciones | gl | 1 | \$318.050,02 | \$318.050,02 | | 2% | |
| 12 | Entrega final | | | | | | \$477.075,02 | | 3% |
| | 12.01 | Puesta en marcha | gl | 1 | \$318.050,02 | \$318.050,02 | | 2% | |
| | 12.02 | Revisión y ajuste | gl | 1 | \$159.025,01 | \$159.025,01 | | 1% | |
| TOTAL | NETO | | | | | \$16.145.334,63 | | | |
| TOTAL | ESTIMADO (incluye AIU 30%) | | | | | \$20.988.935,02 | | | |



5.2 Costos de operación y mantenimiento

Estos son los costos propios del funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes, que garantizan el correcto tratamiento de los mismos. Entre ellos se incluyen los costos asociados a los insumos, mano de obra y mantenimiento principalmente, así como el costo de la disposición de lodos y otros.

5.2.1 Servicios

Se debe considerar el gasto energético que poseen ambos trenes de tratamiento, por lo que se realiza un cálculo estimativo del mismo tomando el promedio de consumo a lo largo del año. Se considera además del consumo energético de los equipos un costo asociado a la iluminación, computadoras, equipos de laboratorio, etc.

Para obtener los valores de la energía se considera el cuadro tarifario de la distribuidora Empresa Distribuidora Norte S.A. (EDENOR) que discrimina el costo para los consumidores de grandes demandas según:

“Se aplica a los clientes cuya demanda máxima es igual o superior a los 50 kW.

Esta tarifa diferencia dos categorías:

- Grandes demandas con potencias convenidas iguales o mayores a 50 kW y menores a 300 kW.
- Grandes demandas con potencias convenidas iguales o mayores a 300 kW.

Además, se distingue a los suministros de acuerdo a tres tipos de tensión:

- Baja Tensión (BT): tensiones hasta 1 kV inclusive.
- Media Tensión (MT): tensiones mayores de 1 kV y menores de 66 kV.
- Alta Tensión (AT): tensiones iguales o mayores a 66 kV.

La facturación está compuesta por los siguientes conceptos:

- a) Un cargo fijo mensual por factura emitida.
- b) Un cargo fijo mensual por cada kW de “capacidad de suministro” convenida en Baja, Media o Alta Tensión, haya o no consumo de energía.
- c) Un cargo fijo mensual por cada kW de “potencia máxima” registrada en Baja, Media o Alta Tensión, aplicable a la potencia máxima registrada en el mes de facturación.
- d) Un cargo por la energía eléctrica entregada en el nivel de tensión correspondiente al suministro, de acuerdo con el consumo registrado en cada uno de los horarios tarifarios “pico”, “resto” y “valle”.
- e) Si el suministro se efectúa en corriente continua, un recargo equivalente a un porcentaje del precio de la energía eléctrica rectificadora.

- f) Si correspondiere, un recargo por coseno de fi.”

Se debe tener en cuenta el consumo energético dado principalmente por las unidades que se ven en la tabla V.II.I para el tren de tratamiento A y en la tabla V.II.II para el tren de tratamiento B. En estas tablas se puede ver el consumo energético de cada una de las campañas así como el consumo energético promedio de cada tren de tratamiento a lo largo del año. Se desprecia el consumo dado por los usos de luminarias, computadoras, etc. considerándolo muy pequeño en comparación al uso de los equipos.

Tabla V.II.I: Consumo energético de las unidades y promedio total para el tren de tratamiento A.

| Unidad | Kw/unidad | KW total salsifi | KW total garbanzos | KW total frijoles | KW total primavera |
|--|-----------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Tamices rotativos modelo Spiramatic SVA | 4,5 | 9 | 18 | 13,5 | 13,5 |
| Bomba Grundfos DPK.V.65.8.0.15.2.5.0D | 3,5 | 3.5 | 7 | 7 | 7 |
| Bomba Grundfos SLV.65.65.11.E..2.5.OB | 21 | 0 | 21 | 21 | 0 |
| bomba Grundfos S1.100.125.75.4.50L.S.226.G.N.D.511 | 2,2 | 4,4 | 8,8 | 4,4 | 8,8 |
| Soplador Repicky modelo R2.0 | 20,1 | 20.1 | 20,1 | 20,1 | 0 |
| Provisión e instalación barredor Sed I.I (JORSUN modelo ZXG4) | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Provisión e instalación barredor Sed I.II (JORSUN modelo ZXG6) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Soplador Repicky modelo R500 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 0 |
| Soplador Repicky modelo R100 | 9,5 | 0 | 9,5 | 9,5 | 9,5 |
| Provisión e instalación barredor Sed AI.I (JORSUN modelo ZXG6) | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 0,5 |
| Provisión e instalación barredor Sed AI.II (JORSUN modelo ZXG9) | 0,5 | 0 | 1 | 1 | 0,5 |
| Soplador Repicky modelo R100 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 0 | 0 |
| Soplador Repicky modelo R200 | 9,5 | 0 | 9,5 | 0 | 9,5 |
| | total | 43,5 | 101,9 | 81 | 50,3 |
| | Promedio | 69 | | | |

Tabla V.II.II: Consumo energético de las unidades y promedio total para el tren de tratamiento B.

| Unidad | Kw/unidad | KW total salsifi | KW total garbanzos | KW total frijoles | KW total primavera |
|---|-----------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Provisión e instalación tamices rotativos | 2,2 | 4,4 | 8,8 | 6,6 | 6,6 |
| Provisión e instalación bomba Grundfos DPK.V.65.8.0.15.4.5.0D | 1,7 | 1,7 | 3,4 | 3,4 | 3,4 |
| Provisión e instalación bomba Grundfos SLV.65.65.09.E.2.50B | 18,6 | 0 | 18,6 | 18,6 | 0 |
| Soplador Repicky modelo R2.0 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 14,9 |
| Provisión e instalación barredor Sed I.I (JORSUN modelo ZXG4) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0 |
| Provisión e instalación barredor Sed I.II (JORSUN modelo ZXG6) | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Provisión e instalación decantador flotante | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| Soplador Repicky modelo R300 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Total | 43.6 | 68.8 | 66,6 | 47,5 |
| | Promedio | 57 | | | |

Teniendo en cuenta el consumo energético de cada tren de tratamiento se calcula el costo total de energía para cada tren de tratamiento según los valores del cuadro tarifario de EDENOR, lo que se puede ver en la tabla V.II.III.

Tabla V.II.III: Costos de energía eléctrica provistos por EDENOR sin IVA.

| Cargo | Unidad | Valor | Trat A | Trat B |
|-------------------------------|-----------|----------|-----------------------|-----------------------|
| Cargo fijo | \$/mes | 3.037,69 | \$3.037,69 | \$3.037,69 |
| Cargo por potencia contratada | \$/kW-mes | 151,25 | \$7.514.100 | \$6.207.300 |
| Cargo por potencia adquirida | \$/kW-mes | 10,94 | \$543.499,2 | \$448.977,6 |
| Cargo variable pico | \$/kWh | 1,655 | - | - |
| Cargo variable resto | \$/kWh | 1,580 | \$2.616,48 | \$2.161,44 |
| Cargo variable valle | \$/kWh | 1,505 | - | - |
| Total | -- | -- | \$8.063.253,37 | \$6.661.476,73 |

5.2.2 Insumos

Los insumos necesarios para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes líquidos se dividen en dos partes. En primer parte los insumos necesarios para el tratamiento del efluente, y por otro lado los insumos necesarios para el análisis del efluente en las distintas etapas necesarias en el laboratorio.

Para el tratamiento del efluente se requiere un único insumo en ambos casos, siendo este el hipoclorito de sodio que fue elegido como agente desinfectante. En promedio, a lo largo del año, se requieren 10,25 kg/d , recordando que esta dosis debe ser ajustada. Por lo tanto, considerando un costo del hipoclorito de sodio de \$12,7/L se obtiene un gasto total de \$4.635,5/año. Esto se ve en la tabla V.II.II.

Tabla V.II.IV: Costo de hipoclorito de sodio

| Insumo | Costo unitario | Cantidad | Costo total |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| Hipoclorito de sodio | 12,7 \$/L | 3741,25 kg/año | 4.635,5 \$/año |

En cuanto a los insumos de laboratorio, se toma un estimado del costo de los mismos siendo este el 10% del costo de operación total. Siendo entonces el costo de los mismo de \$1.118.445/mes para el tren de tratamiento A y \$945.948/mes para el tren de tratamiento B.

5.2.3 Mano de obra

El costo de mano de obra viene dado por el personal que se encarga del funcionamiento de la planta de tratamiento, que se encargan de los análisis de laboratorio, tareas administrativas, supervisión y mantenimiento. Se requieren empleados capacitados para estas tareas siendo los mismos un ingeniero jefe de planta y dos técnicos (químico y eléctrico respectivamente). Ellos se encargaran de todas las tareas necesarias para el correcto funcionamiento de la planta. Los costos mensuales que se calculan son los siguientes, incluyendo los salarios de los mismos, así como los aportes necesarios (tabla V.II.V):

Tabla V.II.V: Costo de mano de obra.

| Puesto | Costo |
|--------------------------|-------------|
| Técnico químico | \$36.450,00 |
| Técnico eléctrico | \$36.450,00 |
| Ingeniero jefe de planta | \$56.700,00 |

5.2.4 Costos disposición de lodos

Dentro de los costos operativos de la planta de tratamiento de efluentes se debe considerar la generación de lodos tanto primarios como secundarios, que deben ser dispuestos apropiadamente. El costo de disposición de los mismos es de \$13/Kg, por lo cual se busca que el volumen de lodos a disponer sea lo más pequeño posible. Para esto se implementa el filtro banda que fue mencionado anteriormente en la sección 3.11. El costo total de disposición de lodos para cada tren de tratamiento se puede ver entonces en la tabla V.II.IV.

Tabla V.II.VI: Costo de disposición de lodos en cada tren de tratamiento.

| Tren de tratamiento | Cantidad de lodo generado (kg/mes) | Costo de disposición (\$/mes) |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| A | 16.650 | 216.450,00 |
| B | 22.950 | 298.350,00 |

5.2.5 Mantenimiento, Costos administrativos y legales

Dentro de los costos operativos de la planta de tratamiento de efluentes se deben tener en cuenta los costos de mantenimiento de las unidades, los cuales representan aproximadamente un 25% de los costos totales operativos calculados anteriormente, así como los costos administrativos y legales, que representan un costo del 8% de los costos operativos totales. Se obtiene así en cada caso los siguientes costos que se ven en la tabla V.II.V.

Tabla V.II.VII: Costos de mantenimiento, administrativos y legales en cada caso.

| Tren de tratamiento | Mantenimiento (\$/mes) | Administrativos y legales (\$/mes) | Total (\$/mes) |
|---------------------|------------------------|------------------------------------|----------------|
| A | \$2.102.422,415 | \$67775,17 | \$8.409.690 |
| B | \$1.772.453,25 | \$567.185,04 | \$7.089.813 |

5.3 Costo total

Teniendo en cuenta todos los costos explicitados anteriormente, se obtienen el costo operativo total de cada caso, y se calcula el costo de tratamiento por m³ de efluente en base a esto, obteniéndose los valores que se pueden ver en la tabla V.III.I.



Tabla V.III.I: Costo de inversión y operativo total

| Tren de tratamiento | Costo inversión | Costo operativo (\$/mes) | Costo tratamiento (\$/m ³) |
|---------------------|-----------------|--------------------------|--|
| A | \$20.233.210,26 | \$11.184.887,25 | 283,67 |
| B | \$20.988.935,02 | \$9.429.451,32 | 239,15 |

5.4 Viabilidad y financiamiento

Debido a la magnitud del costo de ambas opciones, se debe recurrir a alguna alternativa de financiamiento para poder llevar a cabo el proyecto. Para esto se toma en cuenta la convocatoria de La Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC) que busca consorcios público-privados para la presentación de proyectos innovadores destinados a desarrollar nuevas tecnologías, procesos y metodologías que busquen no solo identificar, caracterizar y analizar los recursos naturales renovables potencialmente contaminados y los procesos productivos de tratamiento de los mismos, sino también que tengan como eje central la innovación en el desarrollo tecnológico de productos, procesos y metodologías tendientes a su restauración, recomposición y remediación. Entre los proyectos elegibles se incluyen las plantas de tratamiento de efluentes líquidos, siendo los límites de la financiación y el plazo de ejecución los siguientes:

- Límite máximo para el costo total del proyecto: \$50.000.000 (pesos argentinos).
- Monto mínimo: \$5.000.000 (pesos argentinos).
- El FONARSEC financiará hasta un 60% del costo total del proyecto en concepto de subsidio, debiendo los miembros del CAPP aportar como contraparte el resto de los fondos necesarios para implementar el proyecto.
- El plazo de aplicación de los recursos no podrá superar los 3 años (ver cuadro de aportes en las bases).

El proyecto cumple con estas condiciones, por lo cual se hará la presentación a las autoridades competentes demostrando la viabilidad del proyecto así como toda la documentación necesaria que requieren, de manera tal de conseguir el financiamiento y poder llevar a cabo la obra.

5.5 Conclusiones

Se puede observar de lo presentado en este capítulo que el costo de inversión inicial es mayor para el tren de tratamiento B, aunque comparativamente no son muy distantes, siendo el costo inicial de B de \$20.988.935,02 y el de A de \$20.233.210,26 . En cuanto a los costos operativos, se puede ver que en todos los casos el costo operativo es menor en el plan de tratamiento B exceptuando la disposición de lodos. Aun así, el costo operativo global es menor en el caso de la planta de tratamiento B.



Capítulo VI

Selección del tren de tratamiento final

6.1 Selección de tren de tratamiento

Teniendo en cuenta la información obtenida de las unidades de tratamiento en los capítulos 3, 4 y 5 se puede avanzar en el proceso de selección del tren de tratamiento más apropiado para asegurar que los efluentes que sean vertidos en el cuerpo receptor cumplan con las condiciones de vuelco apropiadas. Para realizar esto se tienen en cuenta un análisis FODA y 4 criterios principales, estos son:

1. Cumplimiento de las condiciones de salida: Conociendo las condiciones de vuelco establecidas por la normativa, se busca que el cumplimiento de la misma sea lo más holgado posible. Teniendo en cuenta que la normativa establece un límite de vuelco de 50 mg/L de DBO_5 se busca que el valor obtenido de DBO a la salida en todos los casos sea por lo menos un 20% inferior, es decir 40 mg/L de manera tal de contar con un margen de seguridad ante cualquier eventualidad que asegure que el tratamiento siga siendo eficiente y dentro de los parámetros establecidos por la normativa. En cuanto a los demás parámetros de salida establecidos por la normativa, el tratamiento propuesto asegura un cumplimiento de los mismos con un amplio margen de seguridad por lo que el único que será analizado de esta manera es la DBO_5 .
2. Parámetros operativos: Aquí se pretende controlar las condiciones operativas de las operaciones unitarias de tratamiento que garantizan el correcto funcionamiento de las mismas. Destacables aquí es la relación F/M, que indica el estado operativo de los reactores. Se podría considerar también la producción de lodos, ya que los mismos deben ser tratados o dispuestos apropiadamente, aunque esto se verá mejor reflejado en los costos de disposición, al igual que el consumo energético.
3. Restricciones de espacio: Sabiendo que el espacio es un factor condicionante para la construcción de esta planta de tratamiento de efluentes, como fue establecido por las autoridades de la industria al otorgar el espacio para la implementación de la misma, se busca que el tren de tratamiento ocupe la menor cantidad de espacio posible, o por lo menos que la misma se encuentre dentro de la extensión permitida.

4. Costo inicial y operativo estimado: Otro punto no menor a considerar es el costo que la construcción y operación de la planta de tratamiento elegida conlleve.

6.1.1 Cumplimiento de las condiciones de salida

Se presenta en la tabla VI.I el valor de la DBO_5 a la salida de cada tren de tratamiento, de manera de poder comparar los mismos y ver si todos cumplen con el margen de seguridad.

Tabla VI.I.I valor de la DBO_5 de salida de cada tren de tratamiento.

| | Tratamiento A | | Tratamiento B |
|-----------|---------------|------|---------------|
| | I | II | |
| Salsifi | 30,2 | - | 25 |
| garbanzos | 5,3 | 20,5 | 25 |
| frijoles | 7 | 11,2 | 25 |
| primavera | - | 0,4 | 25 |

Se puede observar que en todos los casos el cumplimiento de los parámetros de vuelco es holgado, asegurando que ante cualquier fluctuación o eventualidad, hay un margen que permite que el vuelco sea correcto. Se ve que el tren de tratamiento A presenta valores inferiores a los del tratamiento B en casi todos los casos, aun así, el valor del tren de tratamiento B sigue encontrándose un 50% por debajo del valor límite por lo cual ambos son sumamente satisfactorios.

6.1.2 Parametros operativos

En este caso se analizaron individualmente los parámetros operativos de cada tren de tratamiento para poder evaluar el funcionamiento de cada uno de los mismos. En primer lugar, se puede observar el parámetro F/M de cada uno de los tanques de aireación reflejados en la tabla VI.I.II.

Tabla VI.I.II Parámetros operativos de los tanques de aireación AI.I, AI.II, AII.I y AII.II y SBR.

| | Tratamiento A | | | | Tratamiento B |
|------------------|---------------|-----------|-----------|------------|---------------|
| | F/M AI.I | F/M AI.II | F/M AII.I | F/M AII.II | |
| Salsifi | 7,3 | - | 1,2 | - | 0,7 |
| garbanzos | 4,6 | 7,6 | 0,5 | 1,3 | 1,6 |
| frijoles | 0,6 | 1,0 | - | - | 0,25 |
| primavera | - | 2,5 | - | 0,2 | 0,35 |

Siendo el valor ideal para la relación F/M 0,2 y aceptable si el mismo es aproximado a 1, se puede ver que el tren de tratamiento B es satisfactorio en todos los casos, siendo el tratamiento de garbanzos el que más se desvía de la norma pero que puede ser ajustado en la operación debido a la flexibilidad operativa que presenta el tratamiento SBR. Por otro lado, los valores de la relación F/M para el tratamiento A son más variantes, teniendo valores que caen por fuera de los parámetros aceptables y que no son fácilmente corregibles, por lo cual no se puede garantizar un tratamiento eficiente.

6.1.3 Restricciones de espacio

Se debe considerar que el tren de tratamiento propuesto pueda construirse en el terreno delimitado para este fin, teniendo en cuenta que no solamente se deben construir las unidades dimensionadas si no también espacio de laboratorio, área de control y demás espacios accesorios necesarios para el funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes. Se procede entonces a calcular el espacio que ocupa la planta de tratamiento de efluentes en su totalidad, contando por un lado las unidades que serán construidas indefectiblemente y luego comparando los dos trenes de tratamiento biológico para poder concluir si alguno de los dos presenta una ventaja clara sobre el otro en este aspecto. En la tabla VI.I.III se presentan las superficies (en m²) que ocupan (aproximadamente) cada una de las unidades dimensionadas que serán construidas independientemente del tren de tratamiento biológico que se elija.



Tabla VI.I.III Superficie ocupada por las unidades de tratamiento fisicoquímicas y espacios accesorios.

| Unidad | Superficie (m²) |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Rejas | 3,74 |
| Tamiz | 10 |
| Tanque de homogeneización | 551 |
| sedimentador I.I | 12,6 |
| sedimentador I.II | 23,9 |
| Camara de cloracion | 4 |
| Sala de operación y control | 20 |
| Laboratorio de control | 35 |
| Sala de sopladores | 20 |
| Total | 680,24 |

A continuación en la tabla VI.I.IV se pueden ver los valores de superficie que ocupan las unidades del tren de tratamiento A y en la tabla VI.I.V los correspondientes al tren de tratamiento B.

Tabla VI.I.IV Superficie ocupada por las unidades del tren de tratamiento A.

| Unidad | Superficie (m²) |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Tanque de aireacion AI.I | 28,75 |
| Tanque de aireacion AI.II | 40 |
| Sedimentador AI.I | 27,6 |
| Sedimentador AI.II | 57,5 |
| Tanque de aireacion AII.I | 28,75 |
| Tanque de aireacion AII.II | 40 |
| Sedimentador AII.I | 27,6 |
| Sedimentador AII.II | 57,5 |
| Total | 307,7 |

Tabla VI.I.V Superficie ocupada por las unidades del tren de tratamiento B.

| Unidad | Superficie (m²) |
|---------------|-----------------------------------|
| SBR I | 75 |
| SBR II | 75 |
| SBR III | 75 |
| SBR IV | 75 |
| Total | 300 |

Se puede ver que ambos trenes de tratamiento ocupan una superficie similar, por lo cual este criterio no contribuye significativamente a la toma de decisión.

6.1.4 Costo inicial y operativo estimado

Comparativamente los costos de inversión de ambos trenes de tratamiento no son muy distintos, siendo el costo del tren de tratamiento B mayor al de A, no obstante, el costo operativo del tren de tratamiento B es menor que el de A. Al ser este el caso, según los cálculos, en 5 meses, se recupera el valor mayor de la inversión de B.

6.2 Analisis FODA

En la siguiente sección se presenta un análisis FODA de cada una de las alternativas, analizando respectivamente las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas propias de cada uno de las alternativas, considerando los criterios explicitados anteriormente. Este análisis se realiza para facilitar la comparación entre ambas opciones y poder así optar por la más conveniente. Esto se puede ver en la figura VI.II.I para el sistema de tratamiento por lodos activos y en la figura VI.II.II para el sistema de tratamiento SBR.



Figura VI.II.I: Análisis FODA para el sistema de tratamiento por lodos activos.



Figura VI.II.II: Análisis FODA para el sistema de tratamiento SBR.

6.3 Conclusión

Por lo explicitado en la presente sección, se puede concluir que el sistema de tratamiento que mejor cumple con todos los criterios es el tren de tratamiento B, es decir el sistema SBR. Esto se debe a que al igual que la otra alternativa, cumple los criterios de vuelco y de espacio, pero además el costo de inversión , a pesar de ser superior, es recuperable en solamente 5 meses considerando los costos operativos. No obstante, el punto principal a favor de este sistema de tratamiento es la gran adaptabilidad y flexibilidad operativa que permite debido a la naturaleza del tratamiento, así como el hecho de que los parámetros operativos garantizan un tratamiento eficiente del efluente líquido. Por estos motivos se decide implementar el sistema de tratamiento SBR.



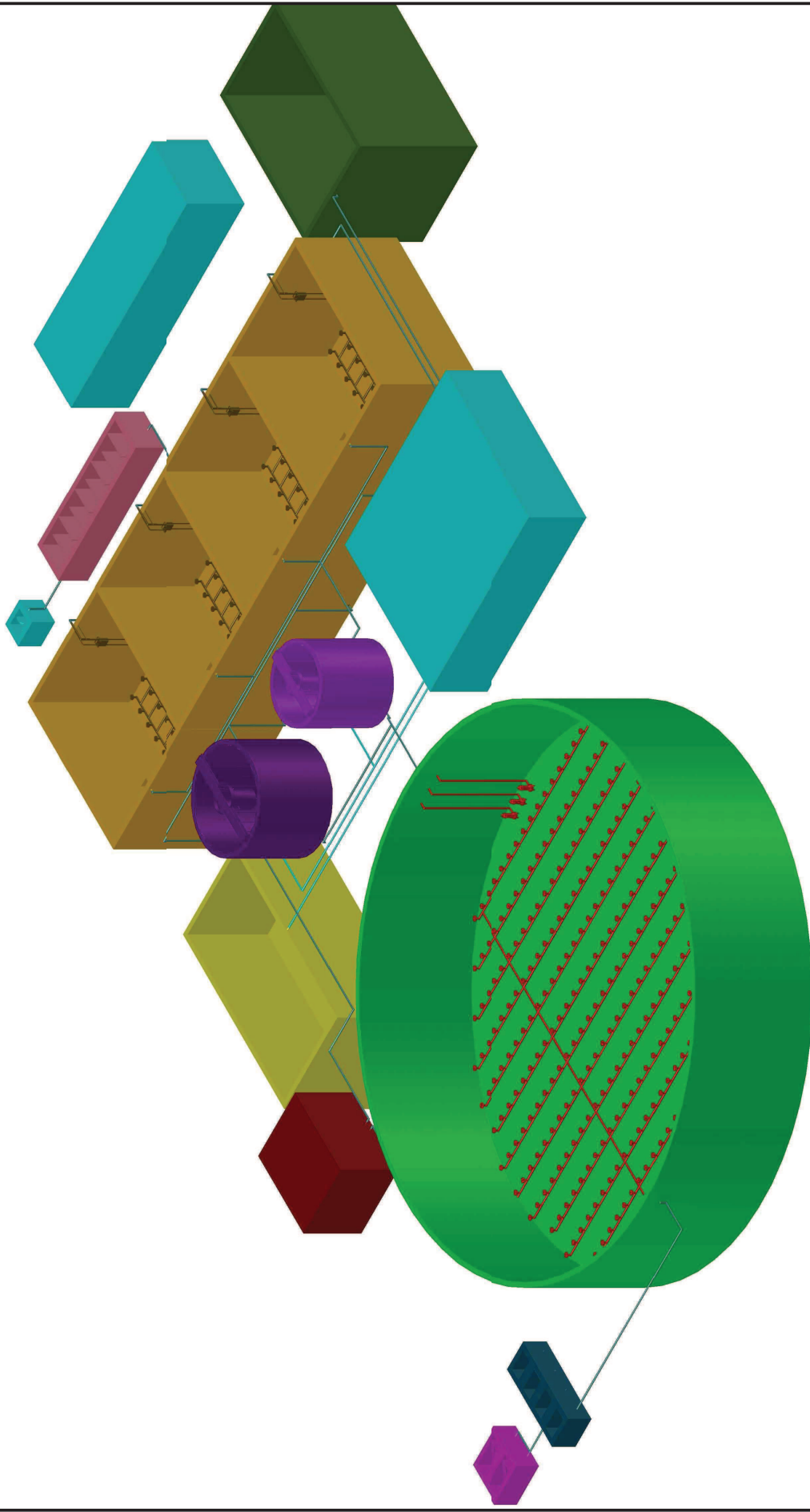
Capítulo VII


Planos

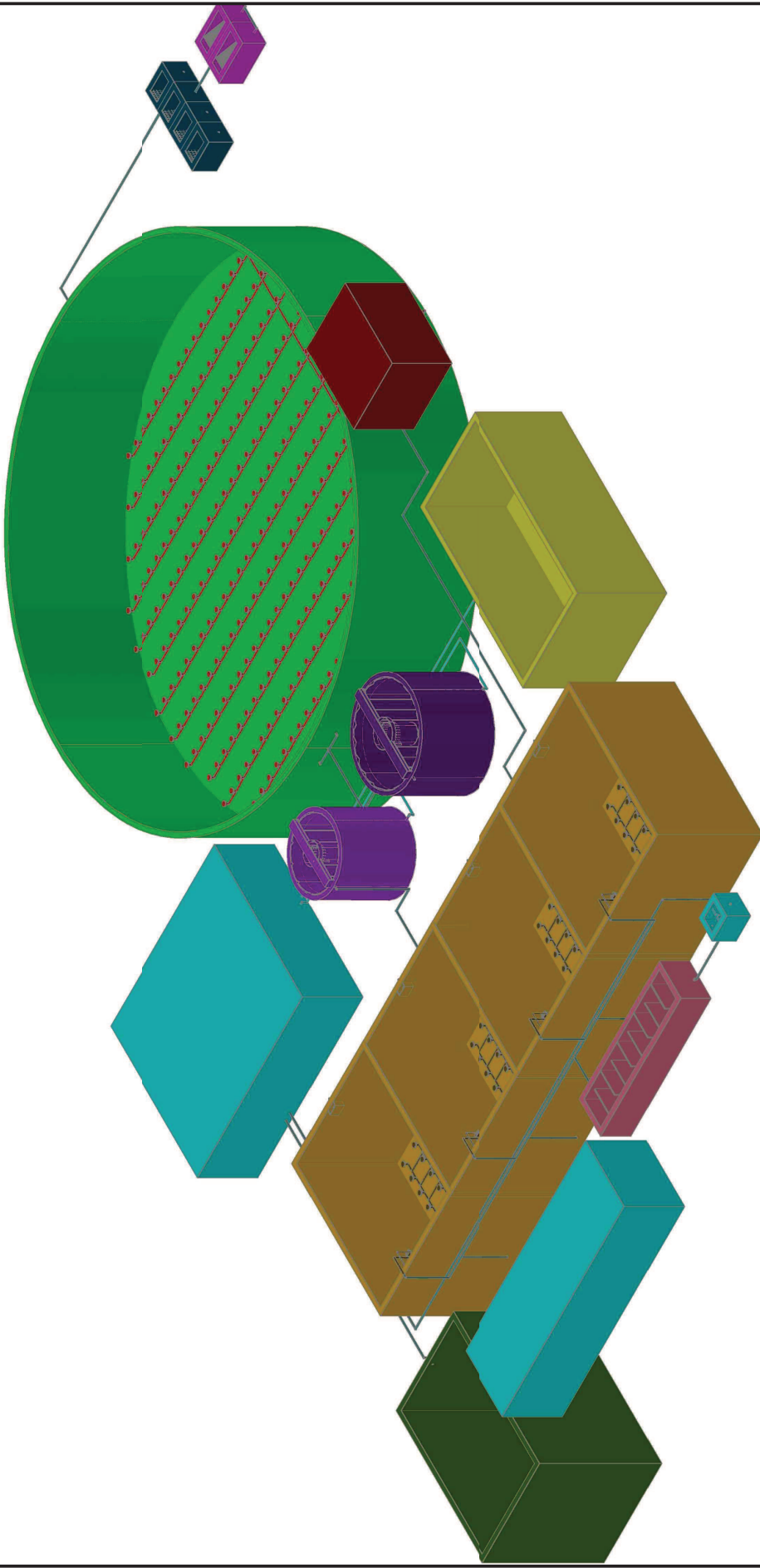
En este capítulo se presentan los planos de las operaciones unitarias dimensionadas para la planta de tratamiento de efluentes líquidos para la industria productora de conservas. Los planos fueron realizados a modo de referencia de las unidades, y corresponden a las obras que deben ser realizadas para poner en funcionamiento la planta de tratamiento. Las dimensiones y planos finales se obtendrán del cálculo estructural realizado por el equipo de ingeniería apropiada, siendo los planos aquí presentados de carácter aproximado ya que los cálculos estructurales no fueron considerados.

Se debe tener en cuenta que en los planos se presentan equipos accesorios solamente de carácter ilustrativo, ya que los mismos son pre-armados por terceros y no se dispone de los planos de los mismos, este es el caso de los sopladores, equipos de bombeo, barredores de los sedimentadores, el decantador de los sistemas SBR y la pantalla del tamiz estático. Así mismo se incorporan las cañerías que conectan las distintas unidades de manera ilustrativa, el recorrido de las mismas puede ser alterado durante la construcción de verse que esto sea necesario. Se presentan entonces los siguientes planos:

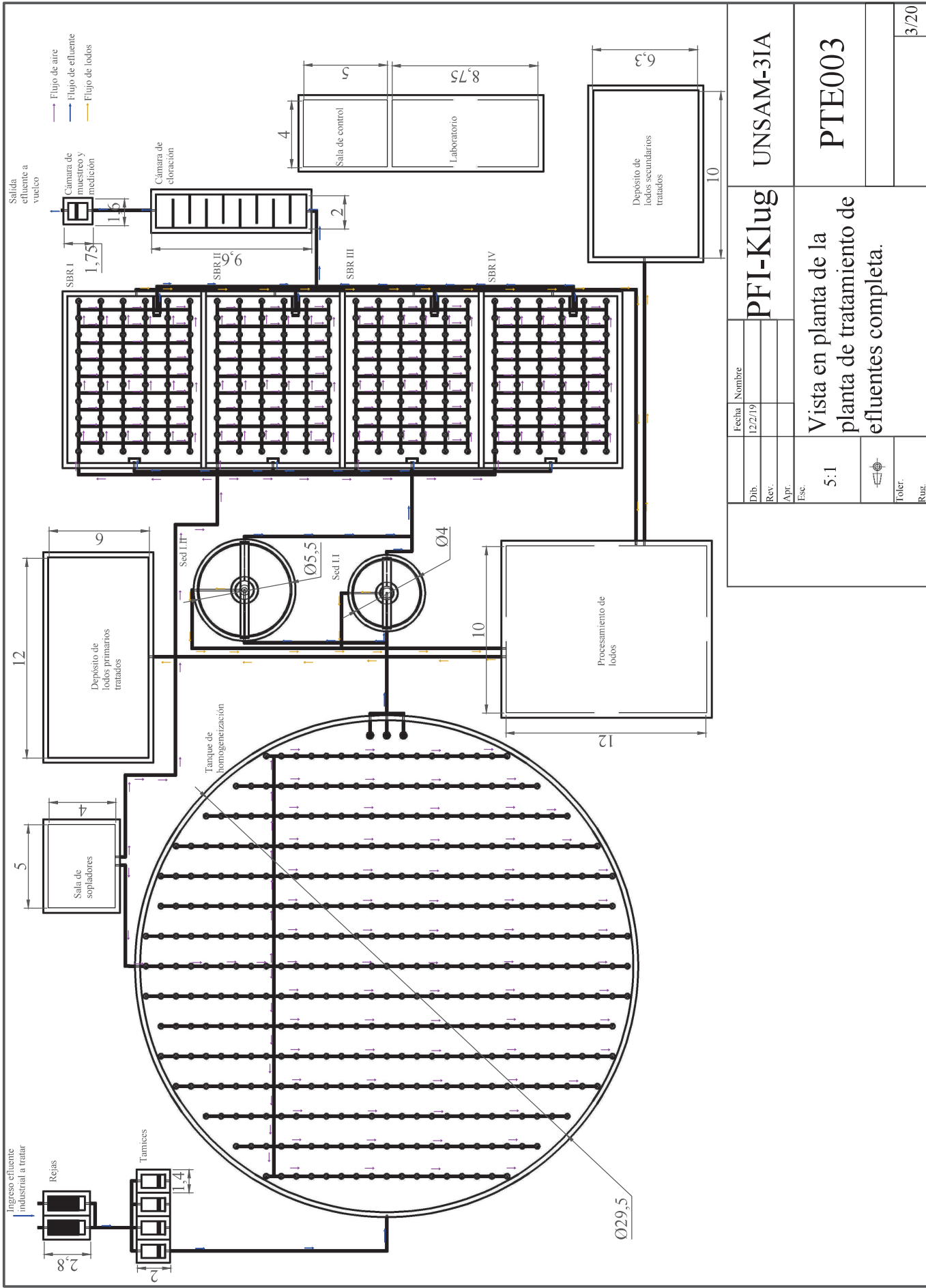
- PTE001: Vista isométrica 1 de la planta de tratamiento de efluentes completa.
- PTE002: Vista isométrica 2 de la planta de tratamiento de efluentes completa.
- PTE003: Vista en planta de la planta de tratamiento de efluentes completa.
- PTE004: Vista lateral de la planta de tratamiento de efluentes completa.
- PTE005: Vista lateral de las unidades comparando altura de entierro.
- REJ001: Vista isométrica del sistema de rejillas en detalle.
- REJ002: Vistas fundamentales ISO E del sistema de rejillas.
- TAM001: Vista isométrica del tamiz en detalle.
- TAM002: Vistas fundamentales ISO E del tamiz.
- TQH001: Vista isométrica del tanque de homogeneización en detalle.
- TQH002: Vistas fundamentales ISO E del tanque de homogeneización.
- SDI001: Vista isométrica del sedimentador I.I en detalle.
- SDI002: Vistas fundamentales ISO E del sedimentador I.I.
- SDII001: Vista isométrica del sedimentador I.II en detalle.
- SDII002: Vistas fundamentales ISO E del sedimentador I.II.
- SBR001: Vista isométrica de uno de los tanques SBR en detalle.
- SBR002: Vistas fundamentales ISO E de uno de los tanques SBR.
- CCL001: Vista isométrica de la cámara de cloración en detalle.
- CCL002: Vistas fundamentales ISO E de la cámara de cloración.
- CMM001: Vista isométrica de la cámara de muestreo y medición en detalle.
- CMM002: Vistas fundamentales ISO E de la cámara de muestreo y medición.



| | | | | | |
|--------|---------|--------|--|---|--|
| Fecha | | Nombre | | UNSAM-3IA | |
| Dib. | 12/2/19 | | | PFI-Klug | |
| Rev. | | | | Vista isométrica 1 de la planta de tratamiento de efluentes completa | |
| Apr. | | | | 5:1 | |
| Esc. | | | |  | |
| Toler. | | Rug. | | 1/20 | |

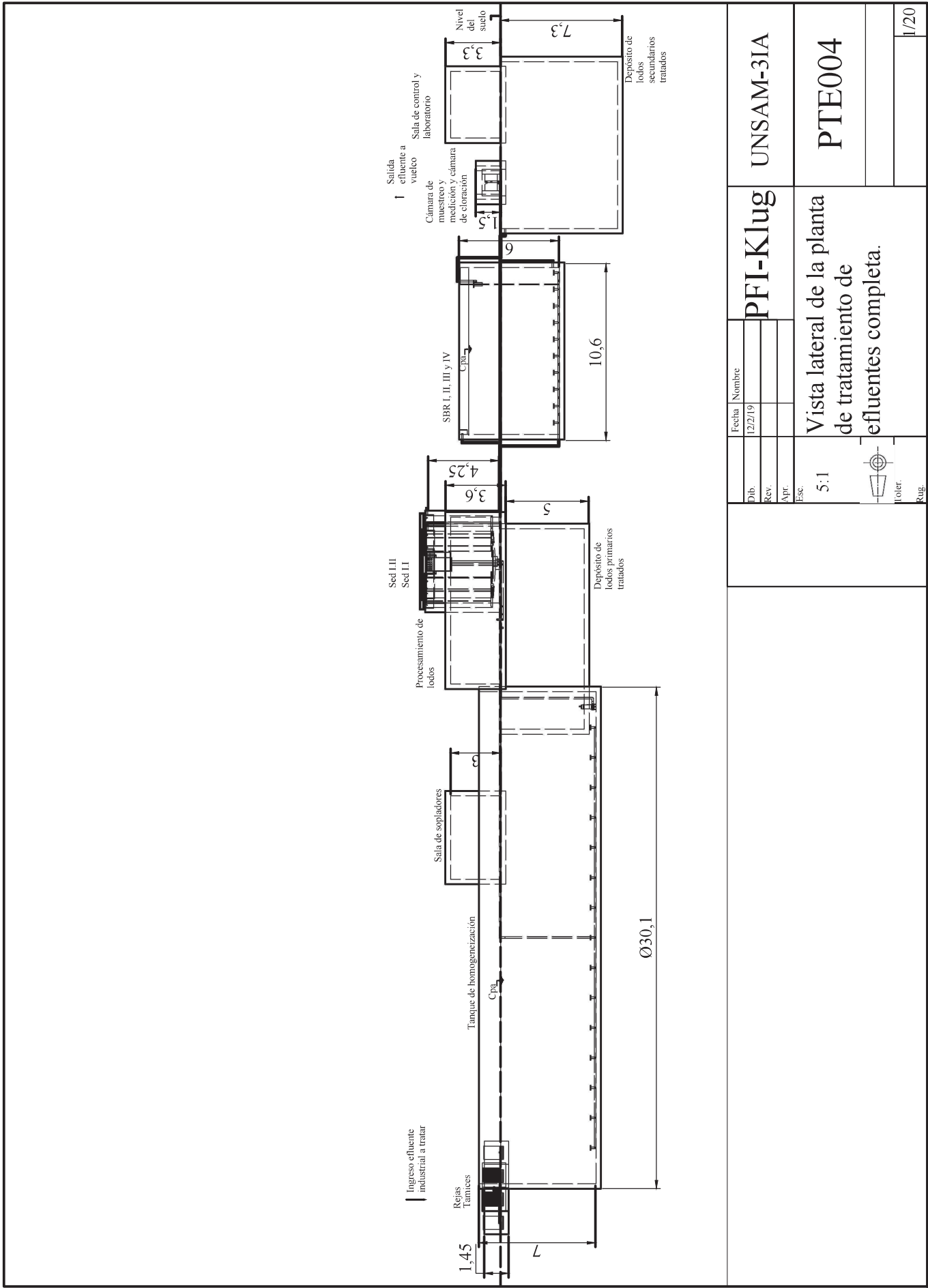




| | | | | | |
|-------|---------|--------|--|--|--|
| Fecha | | Nombre | | UNSAM-3IA | |
| Dib. | 12/2/19 | | | PFI-Klug | |
| Rev. | | | | Vista isométrica 2 de la planta de tratamiento de efluentes completa | |
| Apr. | | | | Escala: 5:1 | |
| Esc. | | | | Tolerancia: ±0.5mm | |
| | | | | Rugosidad: 2/20 | |

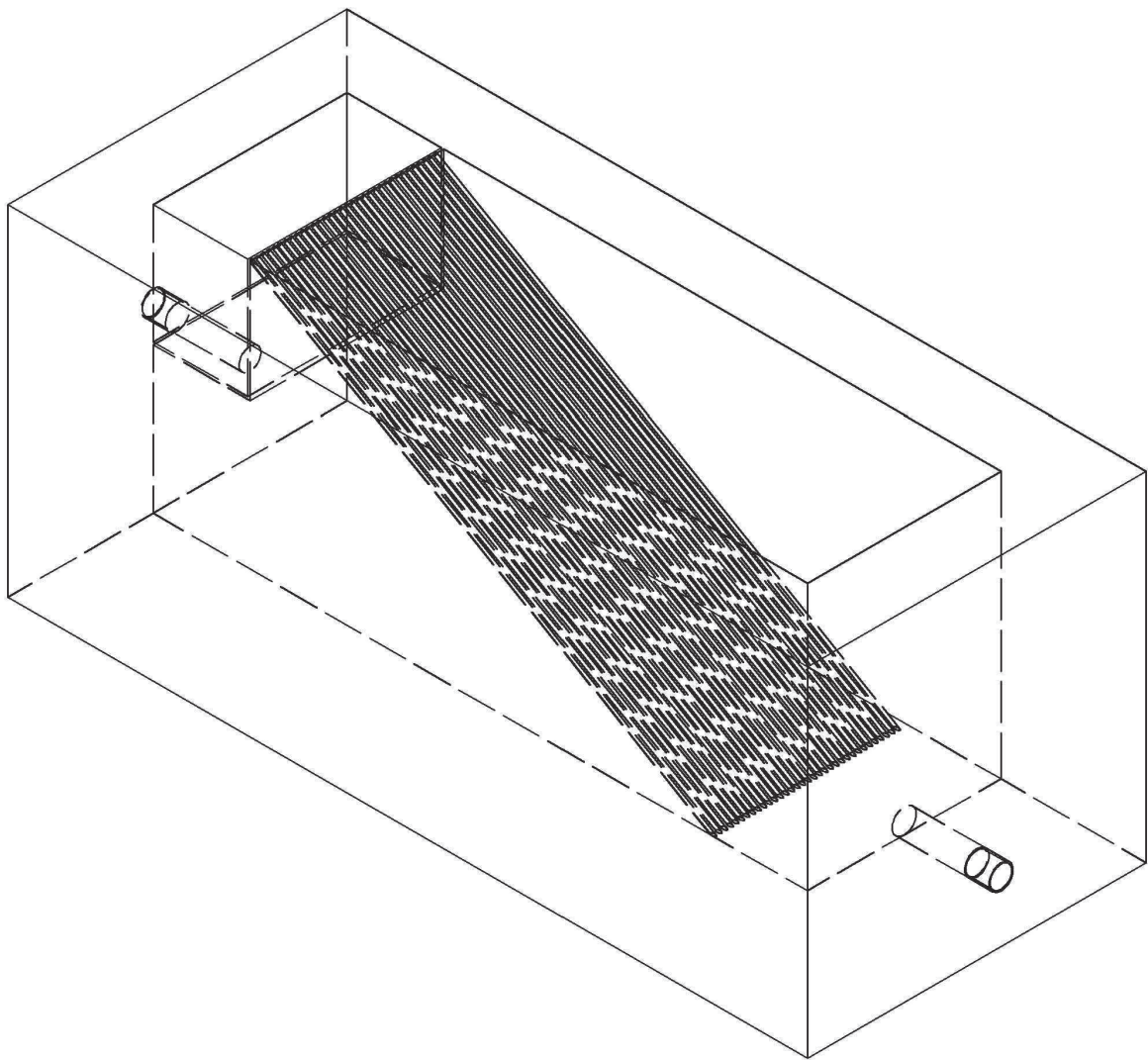


| | | | |
|-------|---------|--------|--|
| Fecha | | Nombre | |
| Dib. | 12/2/19 | | |
| Rev. | | | |
| Apr. | | | |
| Esc. | 5:1 | Toler. | |
| | | Rug. | |

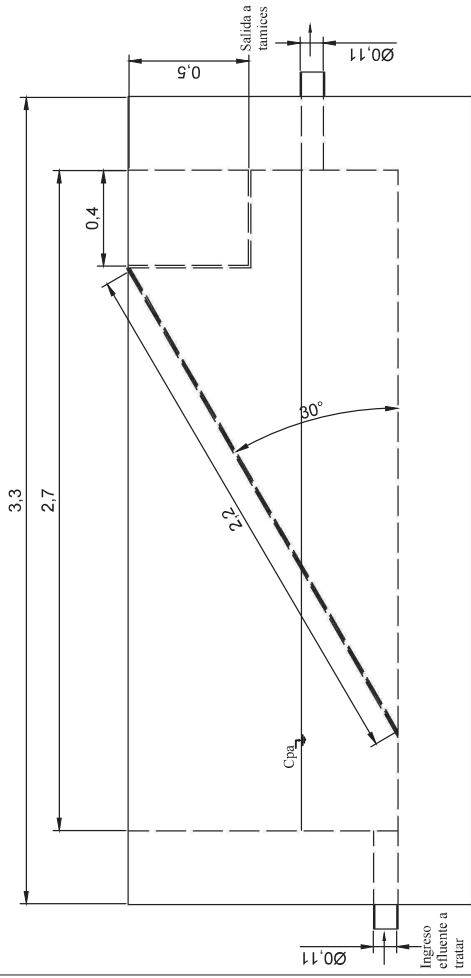
PFI-Klug
UNSAM-3IA
Vista en planta de la planta de tratamiento de efluentes completa.
PTE003



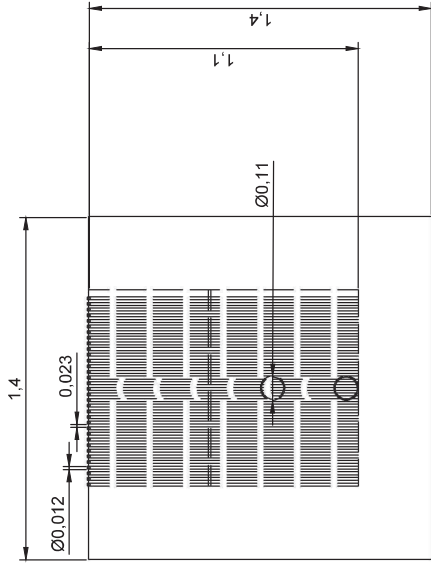
| | | | |
|---|---------|---|--|
| Fecha | | Nombre | |
| Dib. | 12/2/19 | | |
| Rev. | | | |
| Apr. | | | |
| Esc. | 5:1 | | |
|  Toler. | |  Rug. | |
| PFI-Klug | | UNSAM-3IA | |
| Vista lateral de la planta de tratamiento de efluentes completa. | | PTE004 | |
| | | | |
| | | 1/20 | |



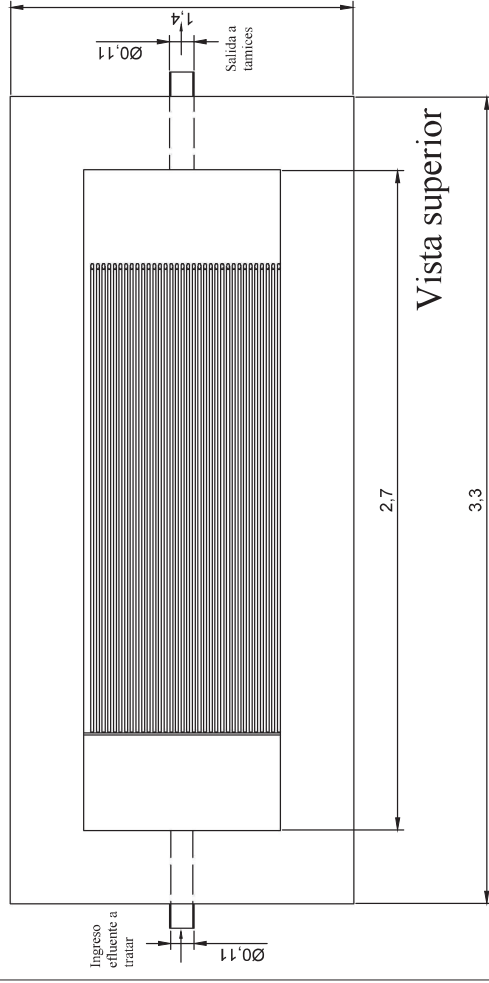
| | | | | |
|--------|---------|--------|---|------------------|
| | Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | 12/2/19 | | | |
| Rev. | | | | |
| Apr. | | | | |
| Esc. | 50:1 | | Vista isométrica del sistema de rejas en detalle | REJ002 |
| | | | | |
| Toler. | | | | |
| Rug. | | | | 5/20 |



Vista frontal

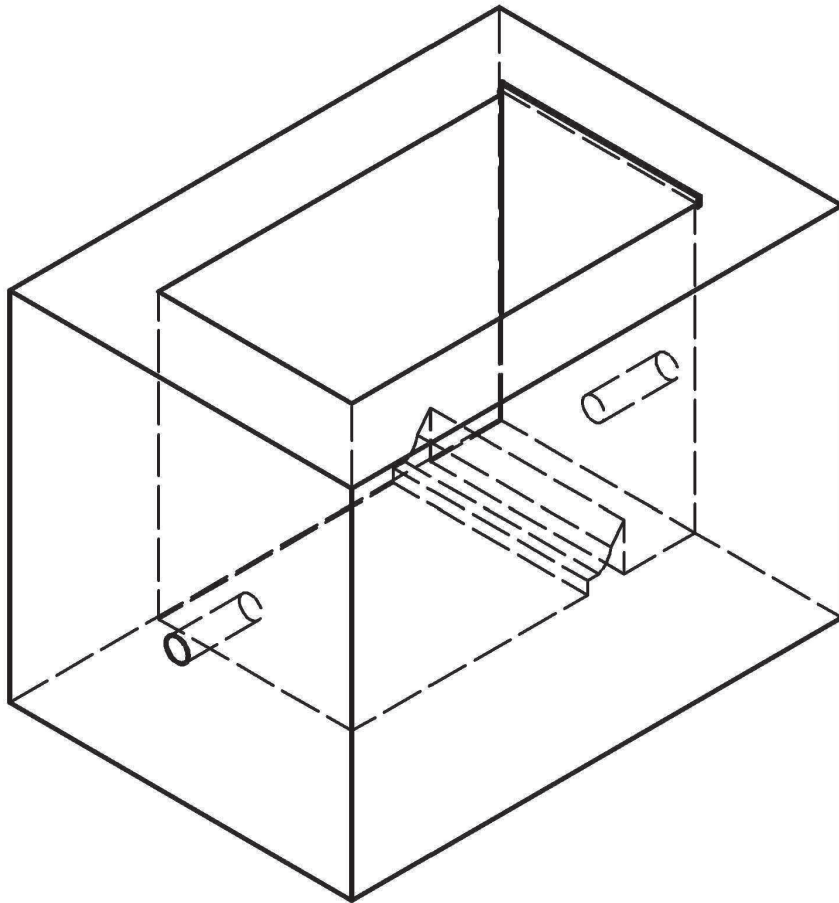


Vista lateral izquierda

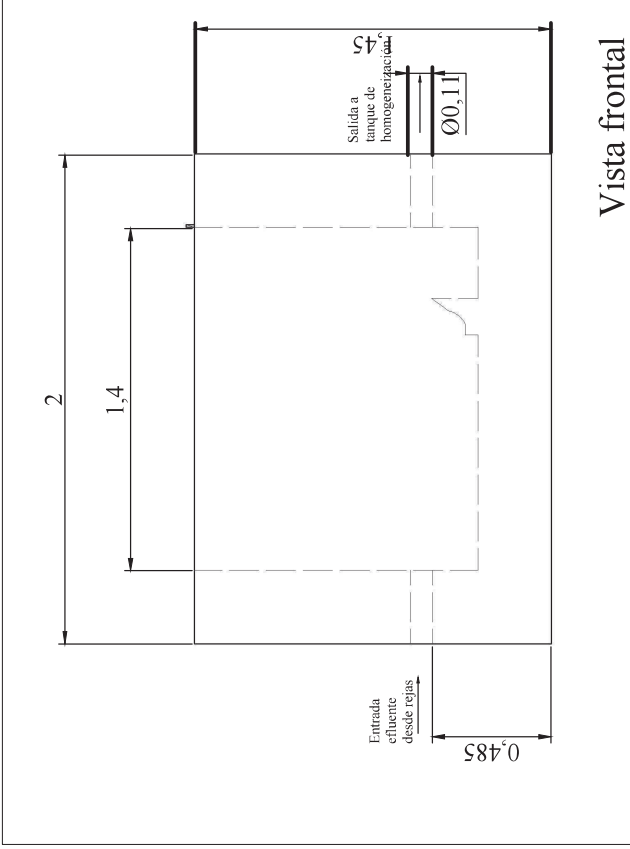


Vista superior

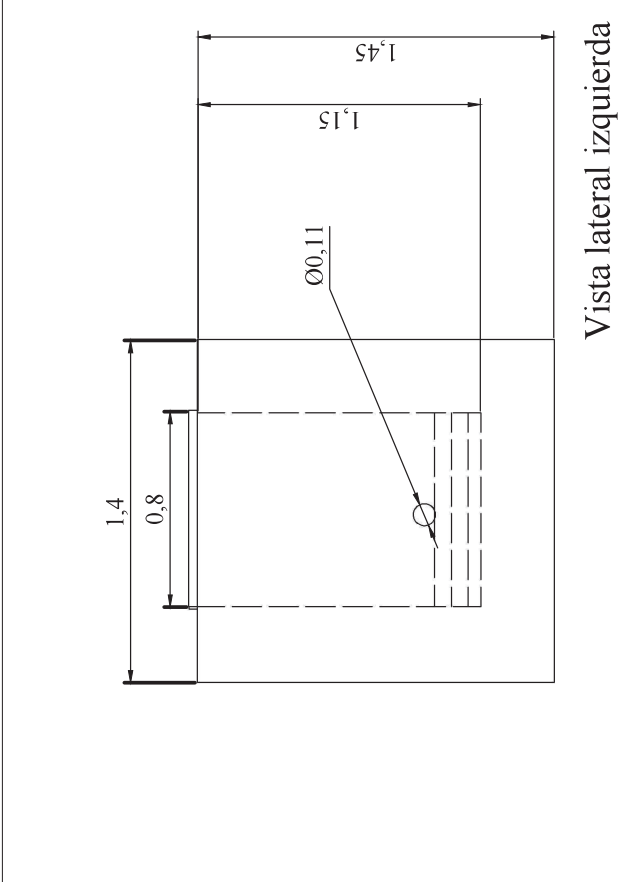
| | | | |
|-------|--------|--|-----------|
| Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | | | |
| Rev. | | Vistas fundamentales ISO E del sistema de rejás. | |
| Apr. | | | |
| Esc. | | 50:1 | |
| | | | |
| | | Toler. | |
| | | Rug. | 6/20 |



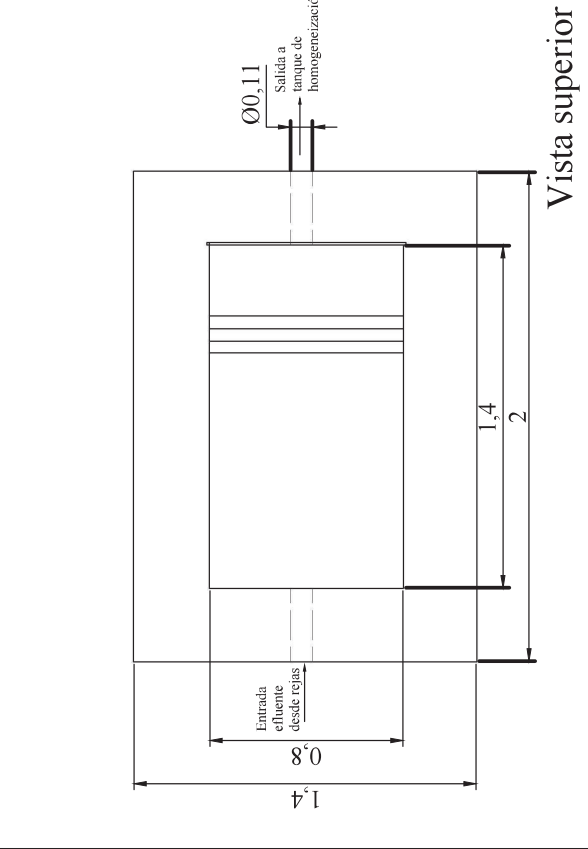
| | | | | |
|--------|---------|--|-----------------|------------------|
| | Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | 12/2/19 | | | |
| Rev. | | | | |
| Apr. | | | | |
| Esc. | 50:1 | Vista isométrica del tamiz en detalle | | TAM001 |
| | | | | |
| Toler. | | | | |
| Rug. | | | | 7/20 |



Vista frontal



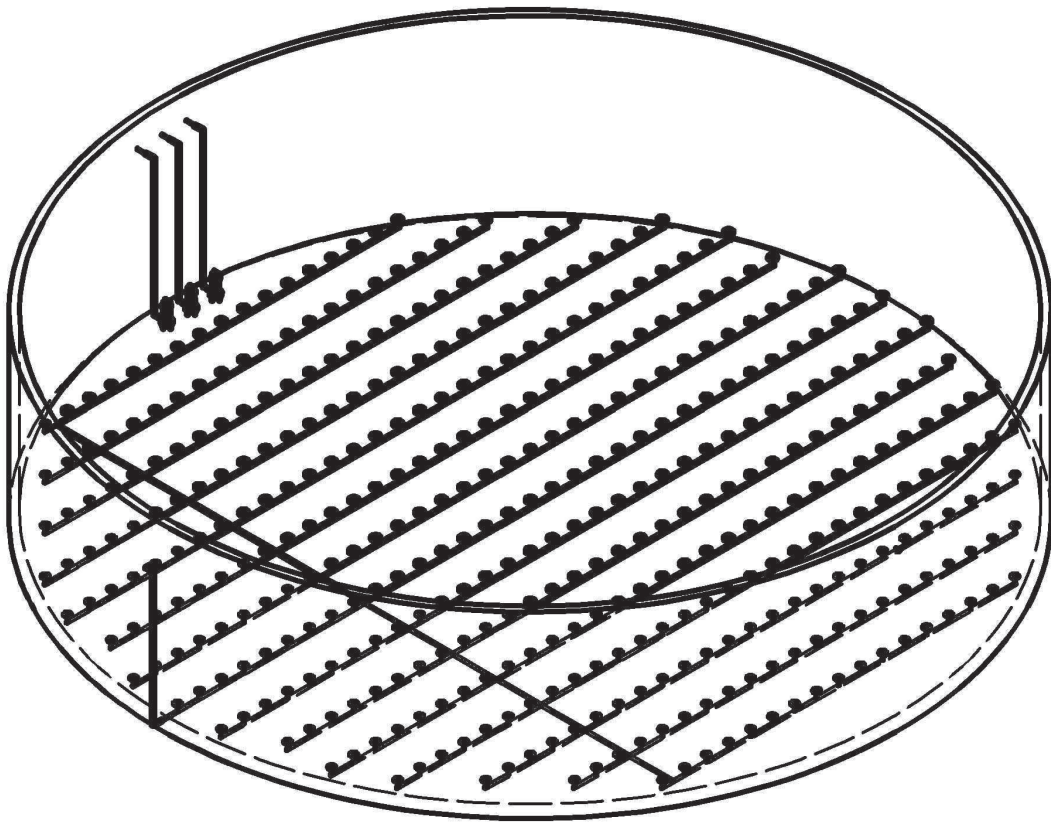
Vista lateral izquierda



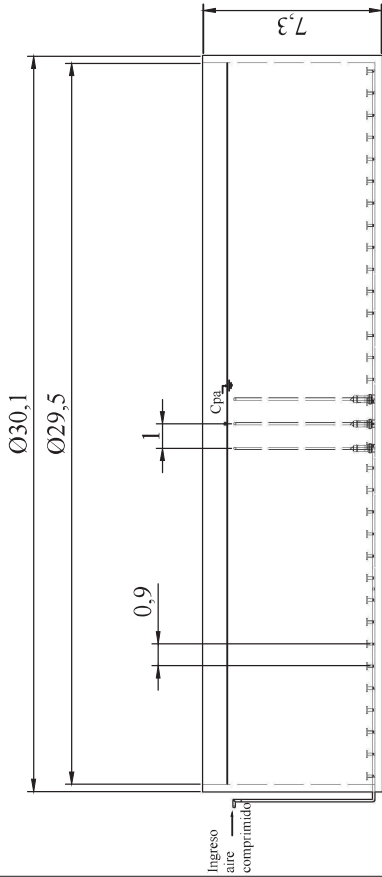
Vista superior

Nota: Los planos que se incluyen del tamiz son a modo ilustrativo, indicando las dimensiones generales del mismo. Las dimensiones finales son las dadas por el proveedor del equipo. Se instalarán 4 tamices en total.

| | | | |
|--------|---------|--------|---|
| Dib. | Fecha | Nombre | UNSAM-3IA |
| Rev. | 12/2/19 | | |
| Apr. | | | PFI-Klug |
| Esc. | | | |
| 50:1 | | | Vistas fundamentales ISO E del tamiz |
| | | | |
| Toler. | | | TAM002 |
| Rug. | | | |
| | | | 8/20 |

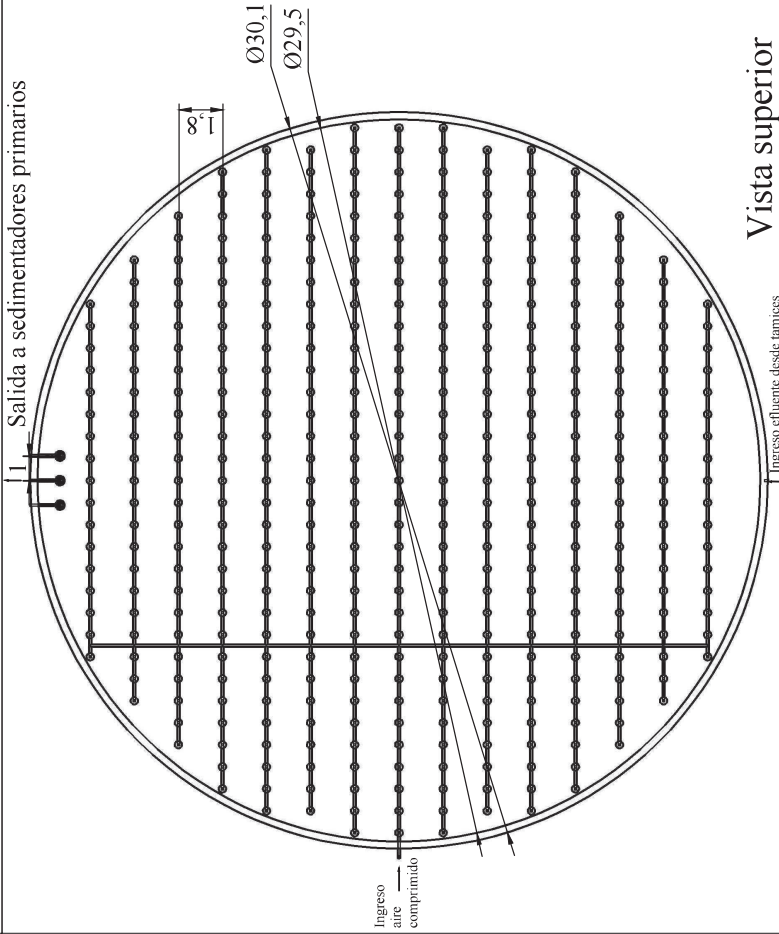


| | | | | | |
|--------|-----|--|--------|----------|-----------|
| | | Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | | 12/2/19 | | | |
| Rev. | | | | | |
| Apr. | | | | | |
| Esc. | 5:1 | Vista isométrica del tanque de homogeneización en detalle. | | | TQH001 |
| Toler. | | | | | |
| Rug. | | | | | |
| | | | | | 7/20 |

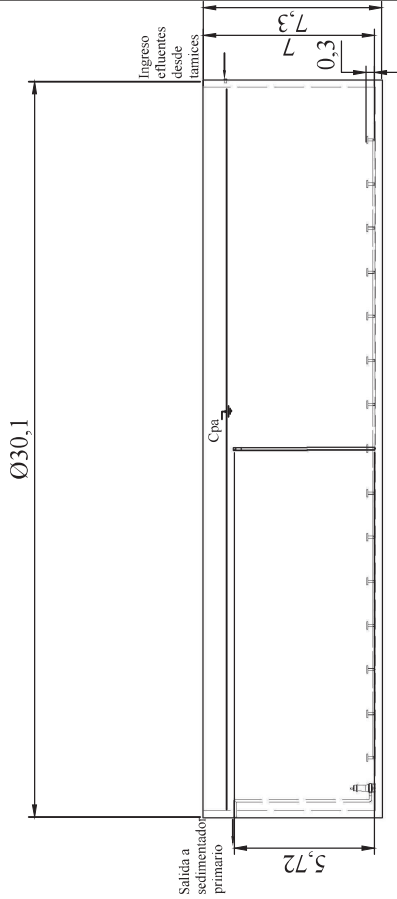


Vista frontal

Salida a sedimentadores primarios

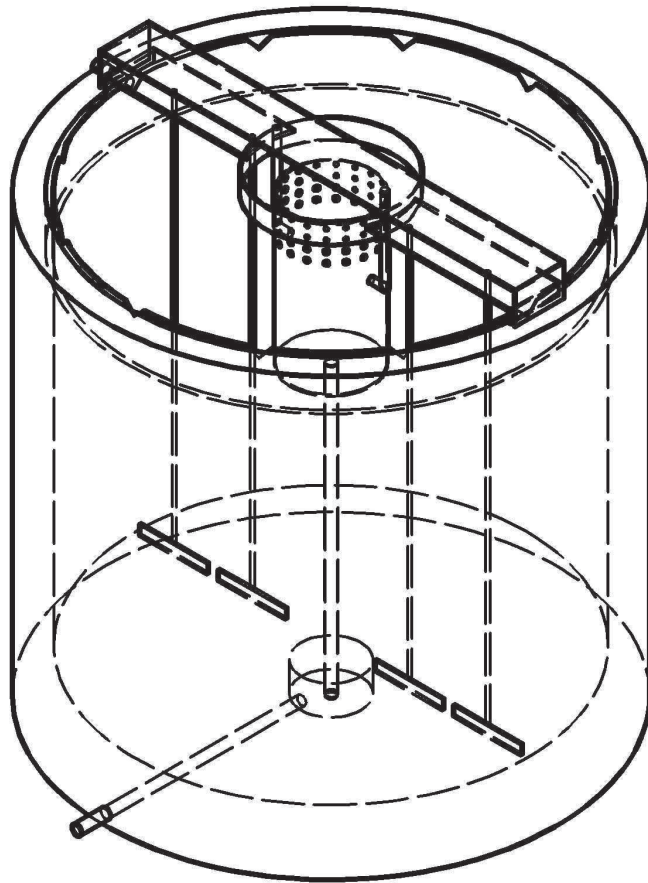



Vista superior

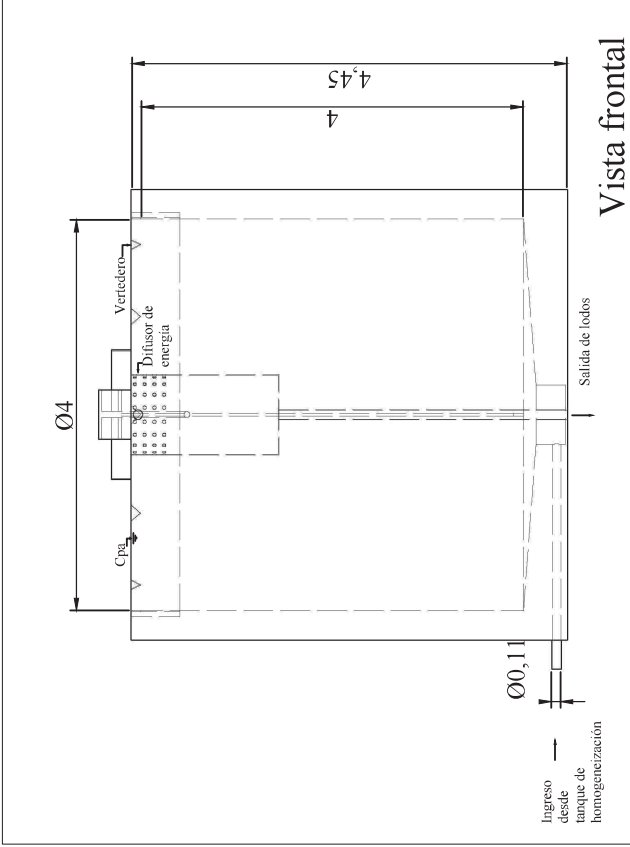


Vista lateral izquierda

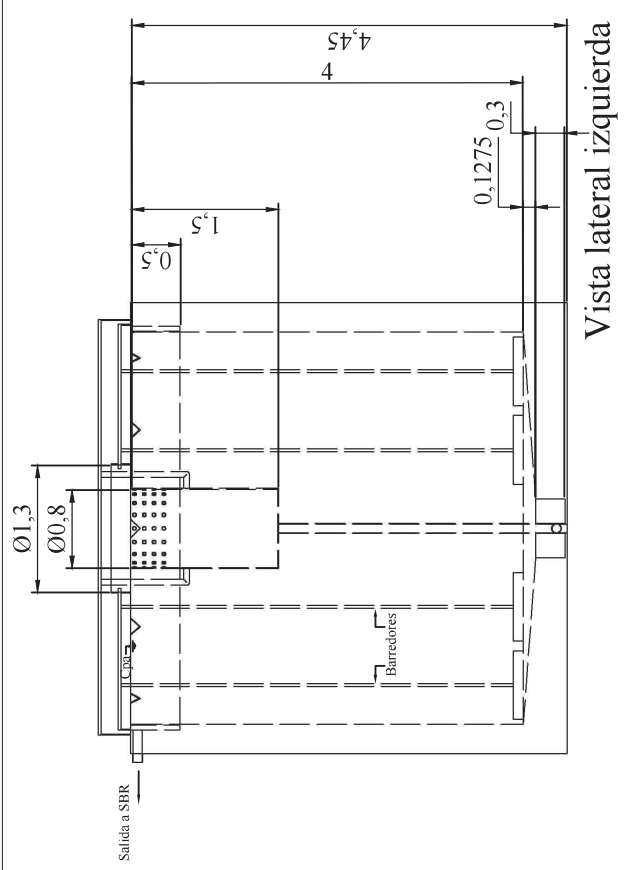
| | | | |
|--------|---------|---|--|
| Fecha | | Nombre | |
| Dib. | 12/2/19 | | |
| Rev. | | | |
| Apr. | | | |
| Esc. | | | |
| 5:1 | | Vistas fundamentales ISO E del tanque de homogeneización. | |
| | | | |
| Toler. | | Rug. | |
| | | UNSAM-3IA | |
| | | TQH002 | |
| | | 1/2 | |



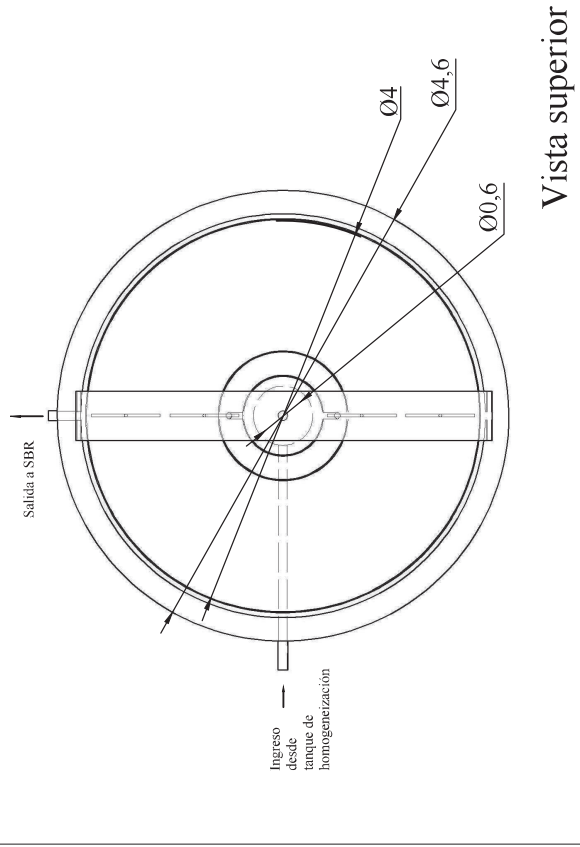
| | | | | | |
|--------|---|---|--------|-----------------|------------------|
| | | Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | | 12/2/19 | | | |
| Rev. | | | | | |
| Apr. | | | | | |
| Esc. | 20:1 | Vista isométrica del sedimentador I.I en detalle. | | | SDI001 |
| |  | | | | |
| Toler. | | | | | |
| Rug. | | | | | 7/20 |



Vista frontal

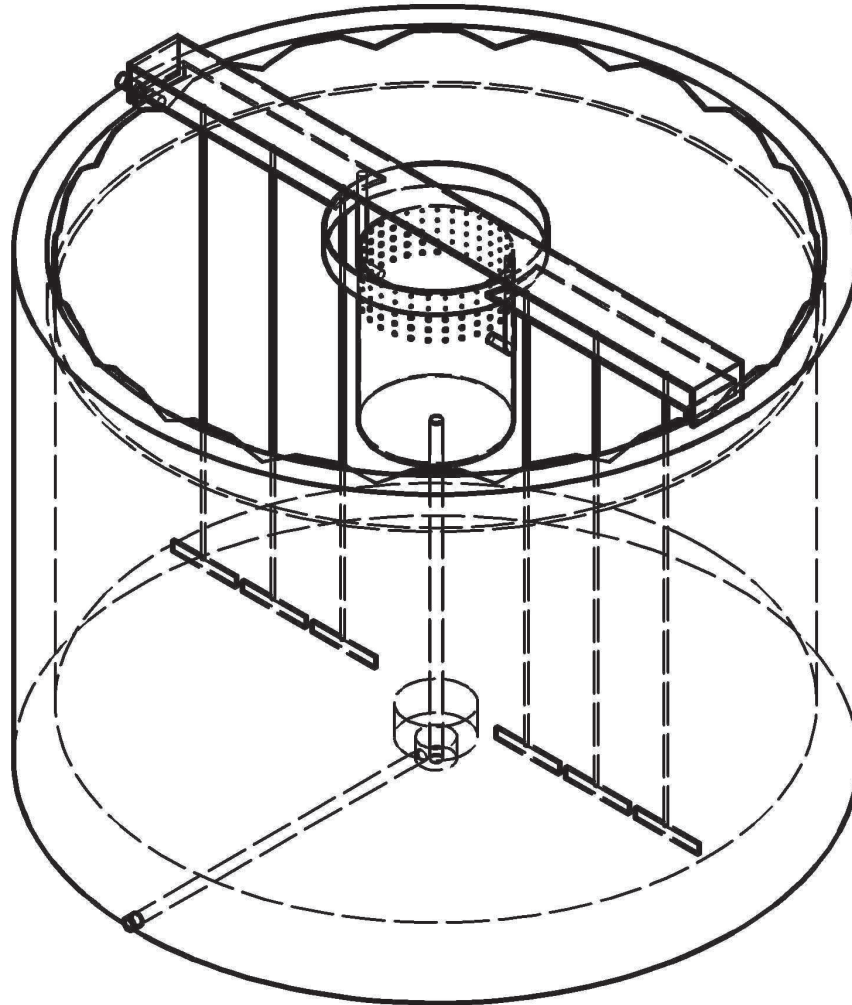



Vista lateral izquierda

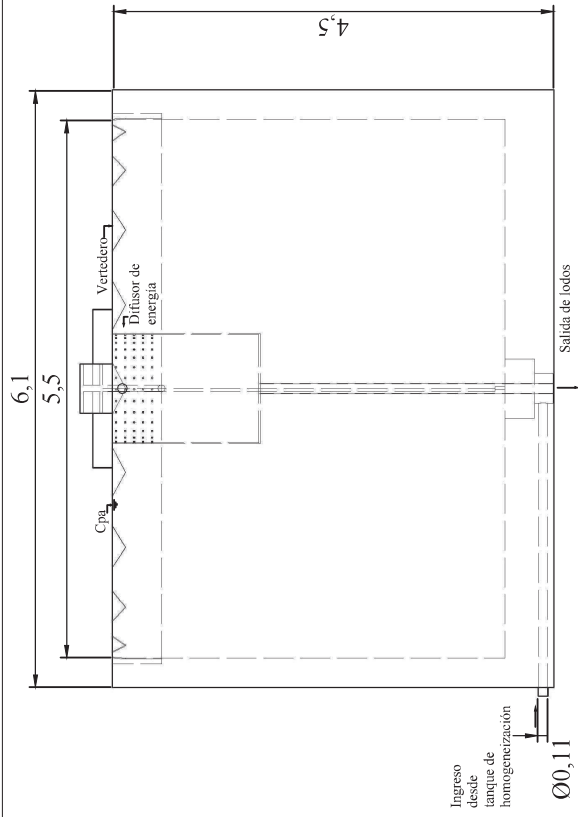


Vista superior

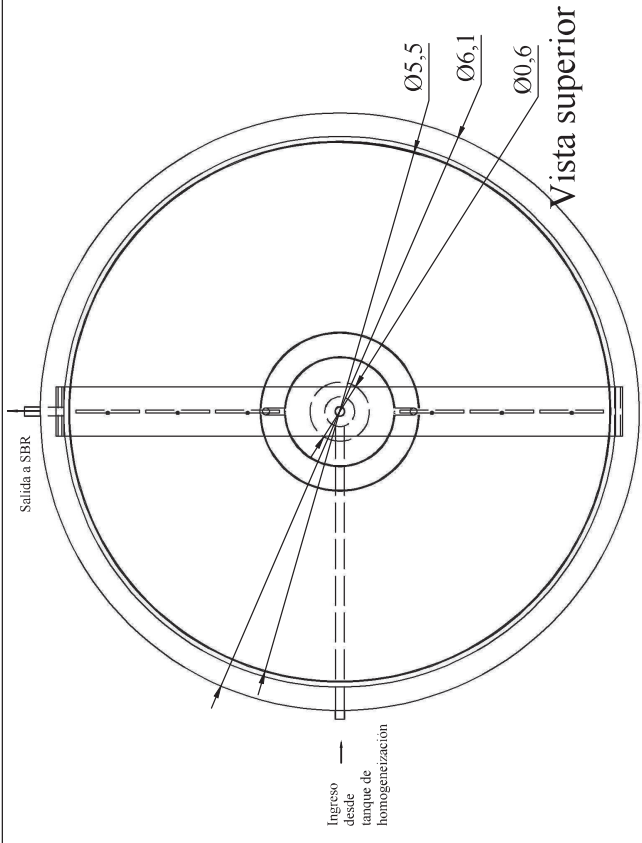
| | | | |
|-------|---------|--|------------|
| Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | 12/2/19 | | |
| Rev. | | Vistas fundamentales ISO E del sedimentador I.I. | |
| Apr. | | | |
| Esc. | | 20:1 | Toler. |
| | | | |
| | | | 3/2 |



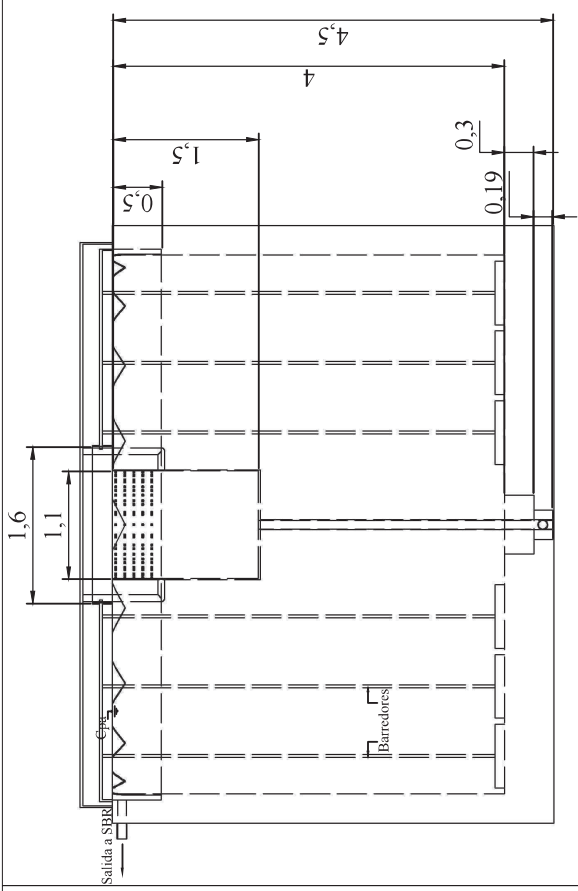
| | | | | |
|---|--|--------|-----------------|------------------|
| | Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | 12/2/19 | | | |
| Rev. | | | | |
| Apr. | | | | |
| Esc. | Vista isométrica del sedimentador I.II en detalle. | | SDII001 | |
| 20:1 | | | | |
|  | | | | |
| Toler. | | | | |
| Rug. | | | | 7/20 |



Vista frontal

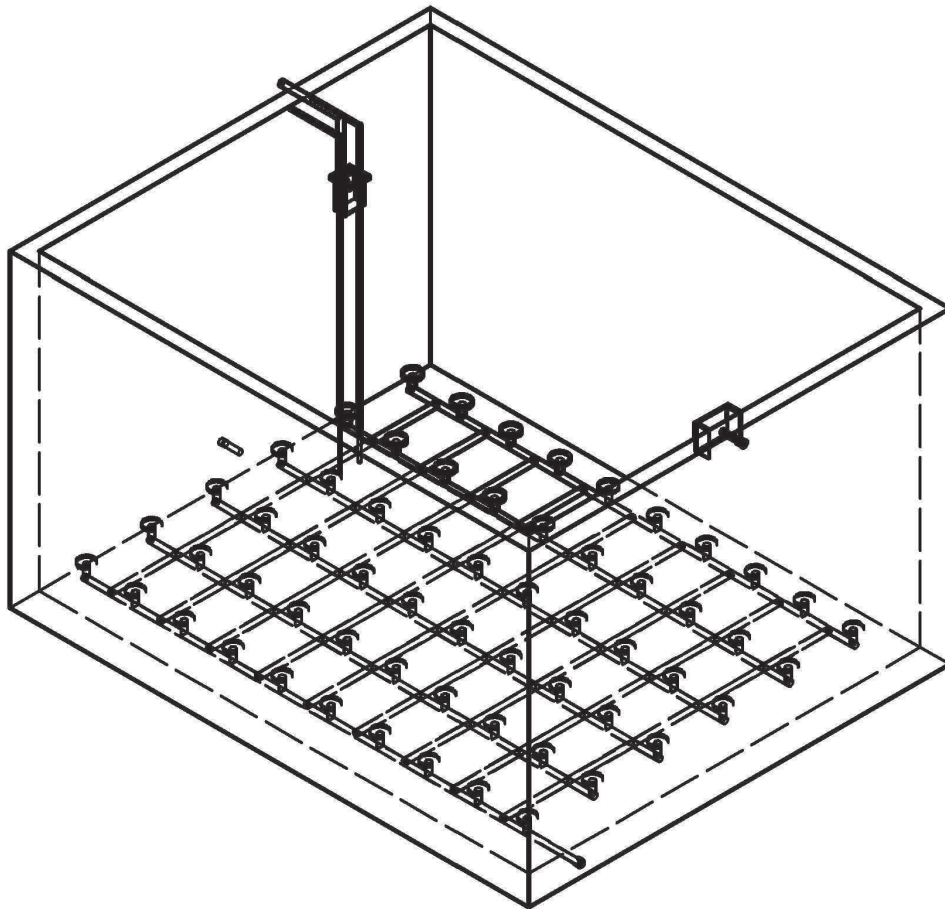


Vista superior

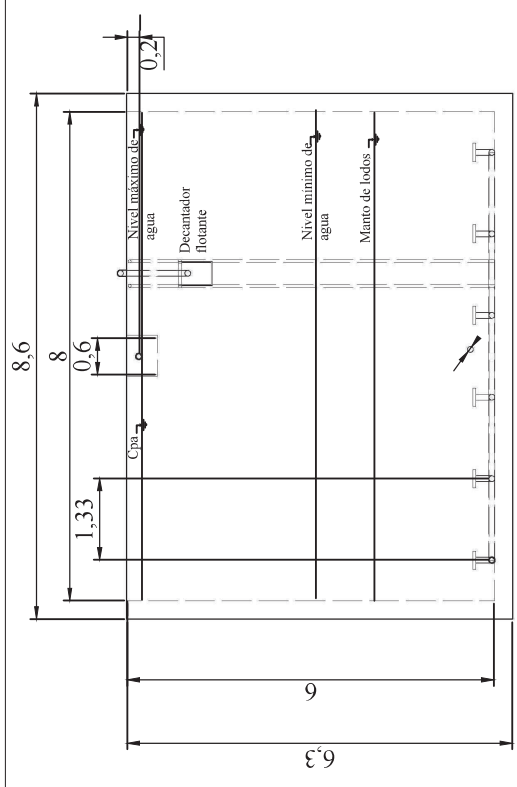


Vista lateral izquierda

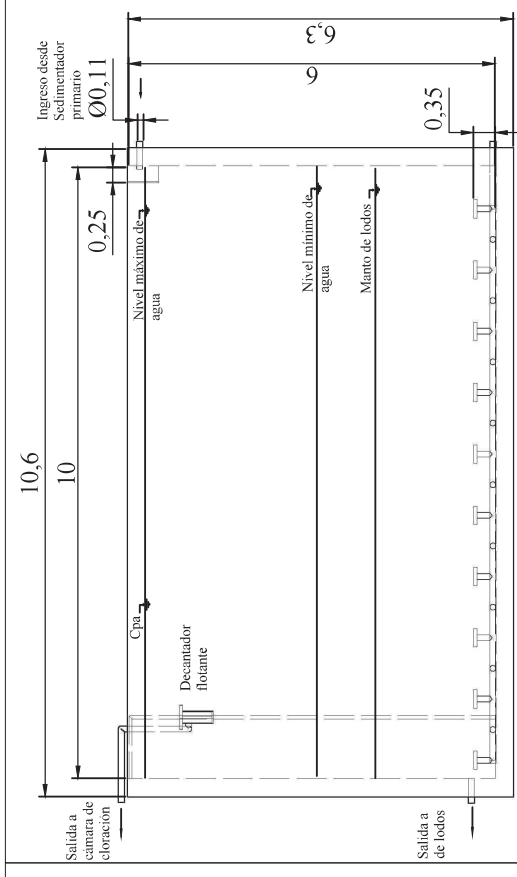
| | | | |
|-----------|---------|---|-----|
| Fecha | | Nombre | |
| Dib. | 12/2/19 | | |
| Rev. | | | |
| Apr. | | | |
| Esc. | | | |
| 20:1 | | Vistas fundamentales ISO E del sedimentador I.II. | |
| | | | |
| Toler. | | Rug. | |
| UNSAM-3IA | | | 5/2 |
| SDII002 | | | |



| | | | | |
|--------|--|--------|-----------------|------------------|
| | Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | 12/2/19 | | | |
| Rev. | | | | |
| Apr. | | | | |
| Esc. | Vista isométrica de uno de los tanques SBR en detalle. | | | SBR001 |
| 10:1 | | | | |
| | | | | |
| Toler. | | | | |
| Rug. | | | | 7/20 |

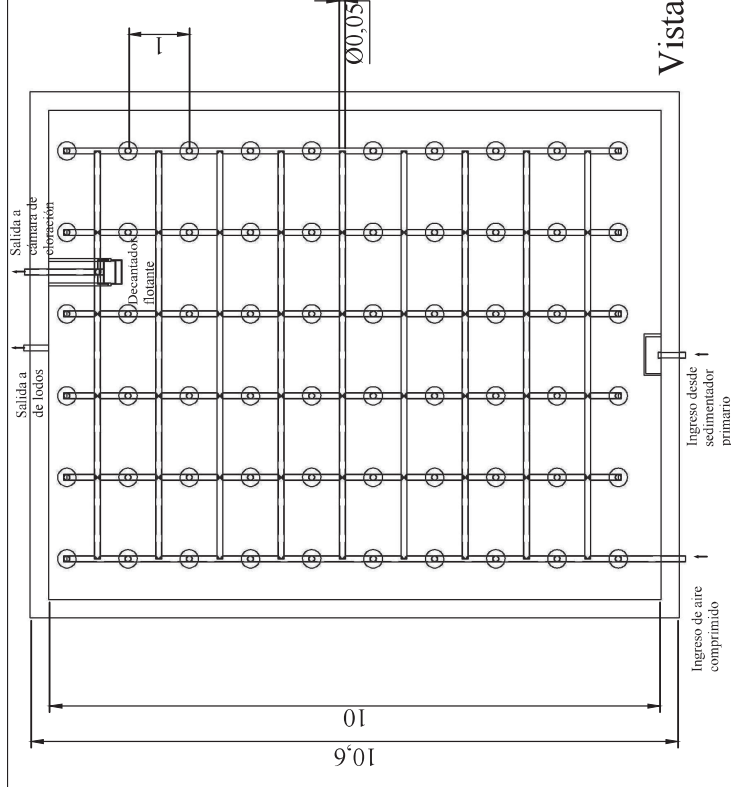


Vista frontal



Vista lateral izquierda

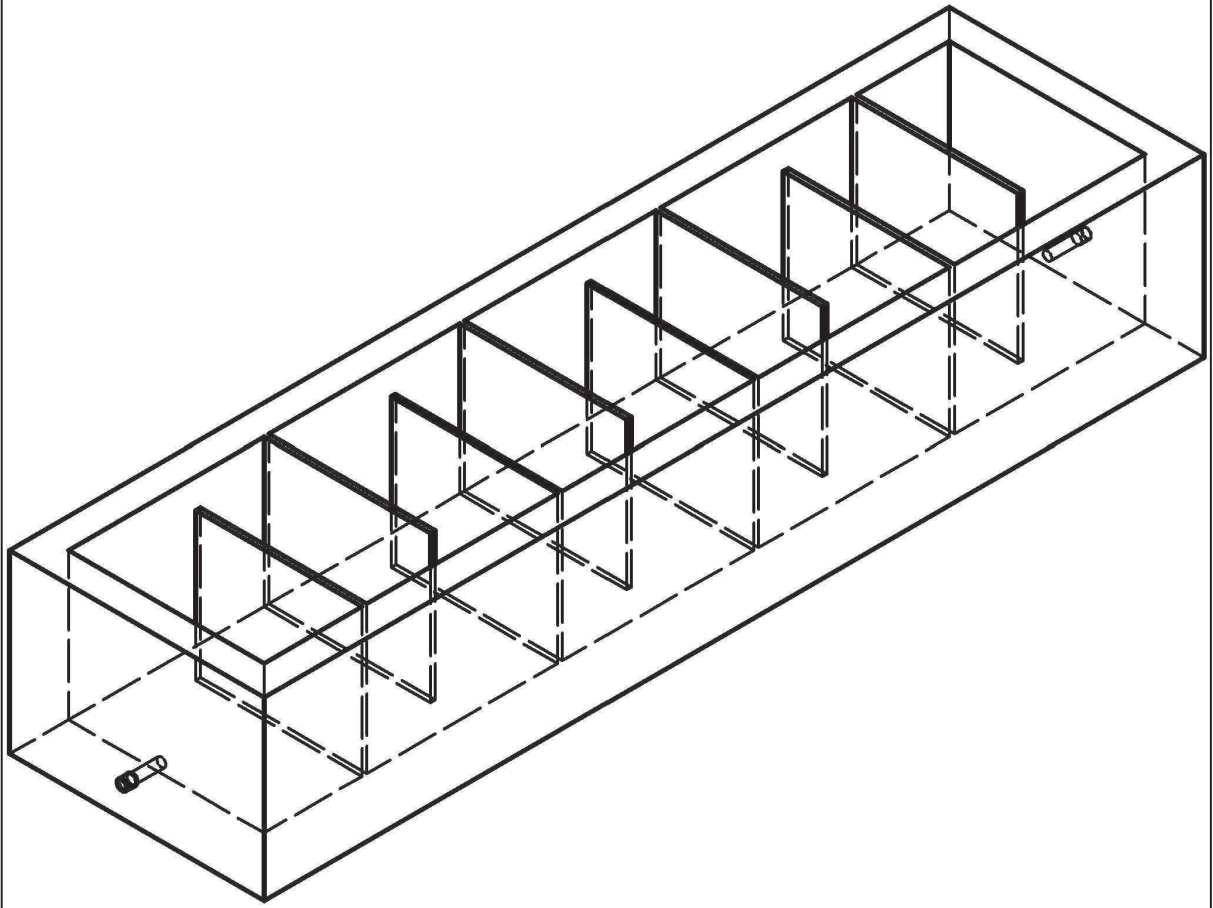
Ø0,11



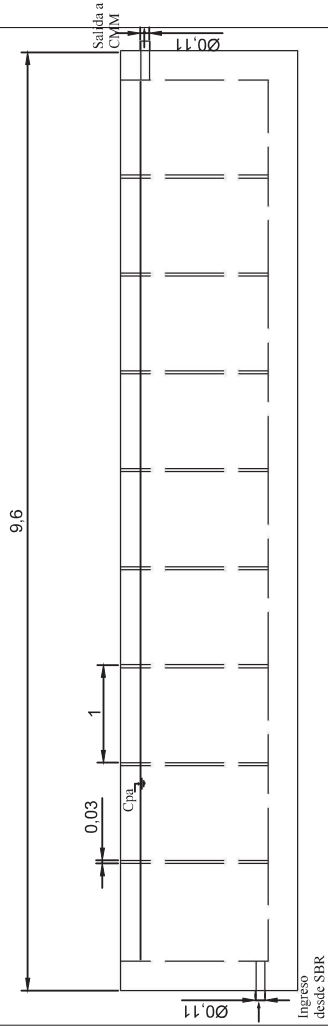
Vista superior

Nota: Se observa en el presente plano uno de los cuatro reactores SBR que serán constituidos en paralelo. Todos los reactores SBR son idénticos.

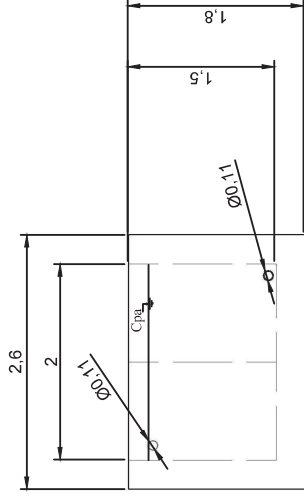
| | | | |
|-------|---------|---|-----------|
| Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | 12/2/19 | | |
| Rev. | | Vistas fundamentales ISO E de uno de los tanques SBR. | |
| Apr. | | | |
| Esc. | 12.5:1 | | |
| Rug. | | | |



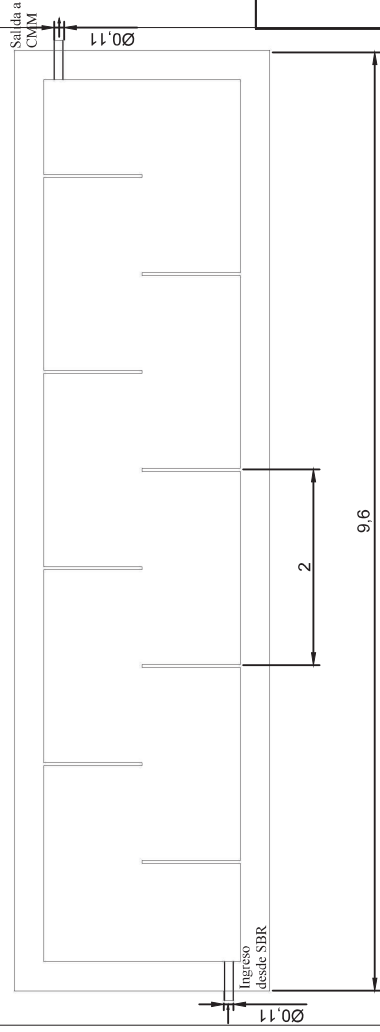
| | | | | |
|--------|---------|--------|--|------------------|
| | Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | 12/2/19 | | | |
| Rev. | | | | |
| Apr. | | | | |
| Esc. | 20:1 | | Vista isométrica de la cámara de cloración en detalle. | CCL001 |
| | | | | |
| Toler. | | | | |
| Rug. | | | | 7/20 |



Vista frontal



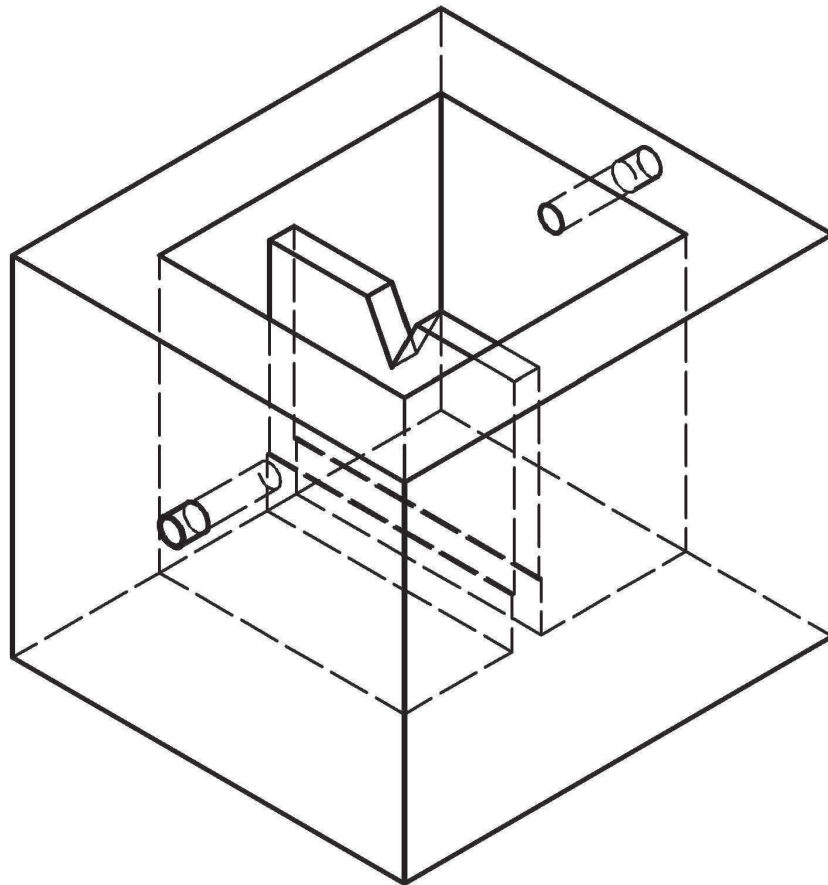
Vista lateral izquierda




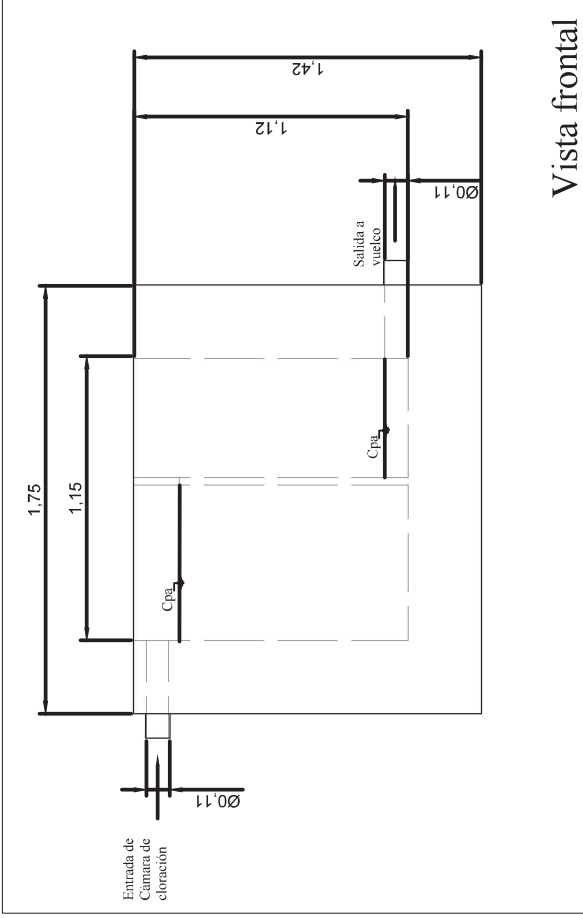
Vista superior

| | | | |
|------------|---------|--------|---|
| Dib. | Fecha | Nombre | UNSAM-3IA |
| Rev. | 12/2/19 | | |
| Apr. | | | PFI-Klug |
| Esc. | | | |
| 20:1 | | | Vistas fundamentales ISO E de la cámara de cloración. |
| Toler. | | | |
| Rug. | | | 9/2 |

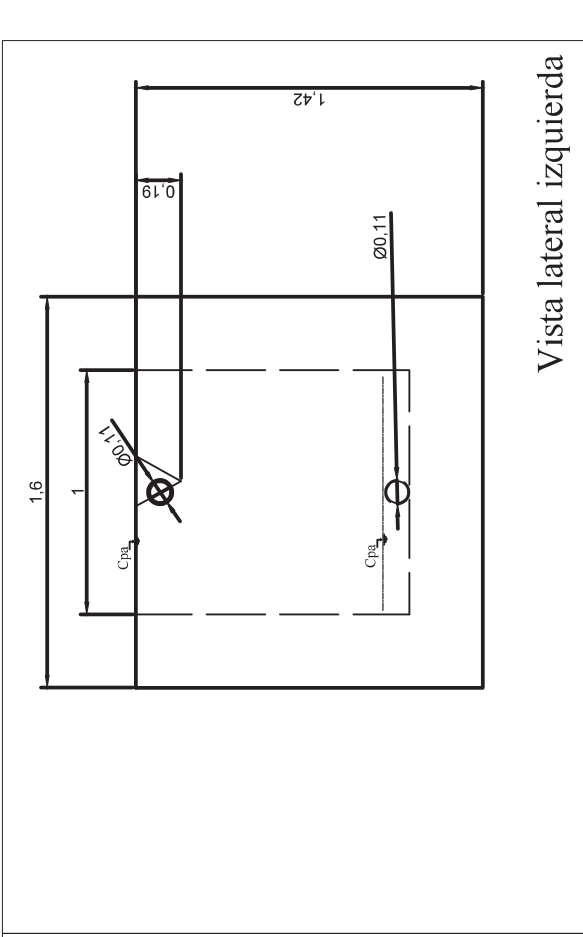
CCL002



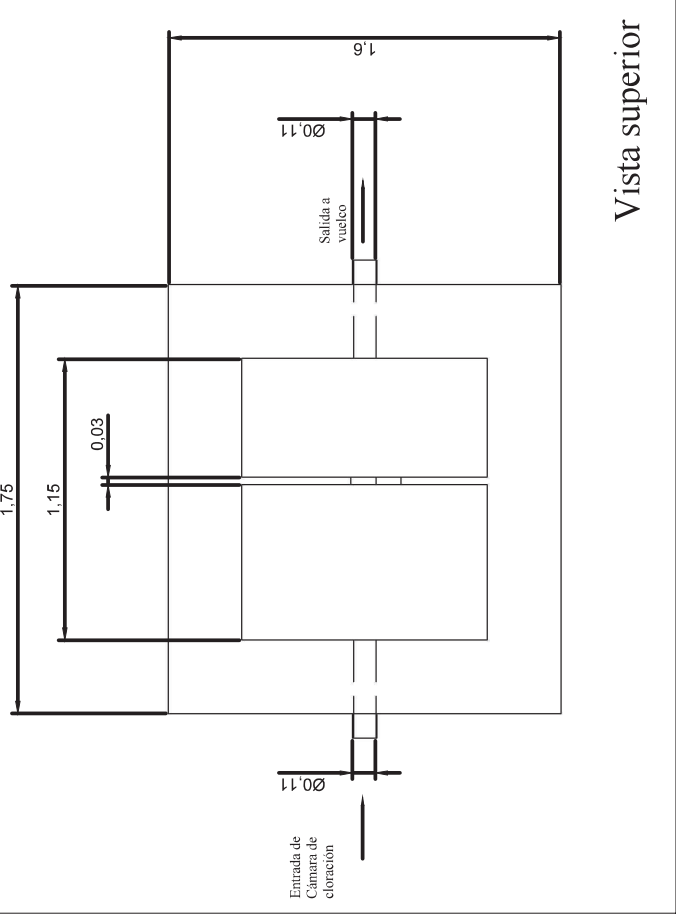
| | | | | |
|--------|---|--------|--|------------------|
| | Fecha | Nombre | PFI-Klug | UNSAM-3IA |
| Dib. | 12/2/19 | | | |
| Rev. | | | | |
| Apr. | | | | |
| Esc. | 50:1 | | Vista isométrica de la cámara de muestreo y medición en detalle. | CMM001 |
| |  | | | |
| Toler. | | | | |
| Rug. | | | | 7/20 |



Vista frontal



Vista lateral izquierda



Vista superior

| | | | |
|------------|------|---|--|
| Fecha | | Nombre | |
| 12/2/19 | | | |
| Dib. | | | |
| Rev. | | | |
| Apr. | | | |
| Esc. | 50:1 | PFI-Klug | |
| Toler. | | Vistas fundamentales ISO E de la cámara de muestreo y medición. | |
| Rug. | | UNSAM-3IA | |
| | | CMM002 | |
| | | | |
| | | 2/2 | |

Capítulo VIII

Estudio de impacto ambiental

8.1 Introducción

En el siguiente estudio de impacto ambiental se busca identificar y valorar los impactos ambientales, sean estos positivos o negativos, que genere la planta de tratamiento de efluentes de la industria A. El objetivo de esto es poder crear un plan de acción que permita, en la medida de lo posible, mitigar los impactos negativos y profundizar los positivos, de manera tal de garantizar un mejor manejo ambiental del proyecto.

Los objetivos específicos son:

- La presentación de todos los pasos realizados para la construcción de este estudio para transmitir la información de una manera comprensible y que facilite el reconocimiento de los impactos y las medidas a tomar en consecuencia.
- La elaboración de un estudio que cumpla con la normativa vigente y aplicable que garanticen un manejo ambientalmente responsable por parte de la empresa.

En este estudio se presentará una descripción de la metodología a seguir, el marco legal aplicable, la localización, duración de cada etapa, actividades a desarrollar, áreas de influencia, y las distintas etapas del proyecto. Se recopilará información para la construcción de una línea de base ambiental identificando los compartimentos del ambiente, para luego poder realizar una evaluación de los impactos y presentar medidas de gestión, control y prevención de riesgos.

La manera en la cual esto será llevado a cabo consta de siete pasos:

1. Recopilación de normativa (nacional e internacional) aplicable, que establecen las bases necesarias para el proyecto.
2. Breve descripción de proyecto, mostrando las etapas del mismo y las actividades a desarrollar en cada uno.
3. Construcción de la Línea de Base Ambiental, describiendo los compartimentos del ambiente que se verán afectados por el proyecto en sus distintas etapas.
4. Identificación y breve descripción de las interacciones entre las etapas del proyecto y los compartimentos del ambiente previamente descritos, lo que permite identificar los efectos ambientales.

5. Con los efectos ambientales del proyecto ya identificados se procede a evaluar los mismos (sean positivos o negativos) y se los presenta en una matriz de Leopold.
6. Propuesta de medidas de gestión para prevención, mitigación, rehabilitación o recomposición del medio alterado según corresponda, de los distintos impactos identificados.
7. Propuesta de plan de monitoreo para asegurar el cumplimiento de las medidas propuestas en 6.

8.2 Marco legal

Se identifica y describe la normativa consultados para la preparación del presente Estudio de Impacto Ambiental.

8.2.1 Nacional

- Constitución Nacional – Artículo 41°: Establece el derecho de los ciudadanos a gozar de un ambiente sano.
- Constitución Nacional – Artículo 42°: Establece el derecho de los consumidores y usuarios de bienes y servicios, en la relación de consumo, a la protección de su salud, seguridad, intereses, educación, a una información adecuada y veraz, etc.
- Constitución Nacional – Artículo 124°: Corresponde a las Provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio.
- Código Civil de la Nación – Artículos 2618, 2628, 2629: Referentes a molestias a los vecinos (emanaciones, vibraciones, ruidos y arbolado).
- Ley 25.675 – Ley General del Ambiente: Establece los presupuestos mínimos y los principios de la política ambiental nacional.
- Ley 24051- Residuos Peligrosos.
- Ley 25688 – Régimen de Gestión Ambiental de Aguas.
- Ley 25831 – Información Ambiental
- Decreto PEN Nro. 674/89 – Protección de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos
- Decreto PEN Nro. 776/921 :Asigna poder de policía en materia de control de contaminación hídrica.
- Resolución SRN y AH Nro. 314/92: Modifica los valores de los límites transitoriamente tolerados a colectora cloacal, pluvial y curso de agua, establecidos en la Resolución 79.179-OSN Anexo "B".
- Resolución SRN y A H Nro. 231/93:Fija el Límite De Carga Contaminante Ponderada Total (LCPT).
- Resolución SRN y DS Nro. 963/99 – Límites de vertido.
- Resolución SRN y DS Nro: 121/99: Aval técnico de proyectos de plantas de tratamiento de vertidos.
- Resolución Nro. 97/01: Aprueba el Reglamento para el Manejo Sustentable de los Barros originados en las Plantas Depuradoras de Efluentes Líquidos.

- Resolución SRN y DS Nro. 634/98: Establece los usos prioritarios para la Franja Costera del Río de la Plata y del Río Matanza – Riachuelo.
- Resolución n° 336-03 modificatoria de la similar n° 389-98 en el marco de la Ley 12257 (Código de Aguas), que establece los límites de vuelco a un cuerpo de agua superficial.

8.2.2 Provincial

- Constitución de la Provincia de Buenos Aires – Artículo 28: Derecho a gozar de un ambiente sano y deber de conservarlo y protegerlo en su provecho y en el de las generaciones futuras.
- Constitución de la Provincia de Buenos Aires - Artículo 38: Consumidores y usuarios tienen derecho en la relación de consumo a la protección frente a los riesgos para la salud.
- Ley 12.257- Código de Aguas.4
- Ley 12.276 - Régimen Legal del Arbolado Público:
- Ordenanza Gral. Nro. 27 – Régimen de Erradicación de Ruidos Molestos para todos los partidos de la provincia.

8.3. Proyecto

8.3.1 Descripción general del proyecto

Se propone un proyecto que implica la construcción de una planta de tratamiento de efluentes líquidos industriales, junto con todas las unidades accesorias necesarias para el correcto funcionamiento de la misma. Esto se realiza en el marco de una toma de conciencia por parte de las autoridades de la industria junto con presiones impuestas por la normativa para cumplir con los límites de vuelco establecidos por la misma. El proyecto consiste de dos etapas principales a las cuales se le evaluarán sus efectos ambientales, luego de la construcción de la línea de base ambiental. Estas etapas son la construcción y la operación de la planta, que serán descritas más adelante para identificar las actividades propias de ambas etapas y poder luego identificar cómo cada una repercute en los distintos compartimentos del ambiente.

La planta de tratamiento de efluentes líquidos industriales cuenta con una serie de operaciones unitarias para garantizar que se cumplan las condiciones de vuelco requeridas por la normativa, siendo estas las siguientes:

- Sistema de rejas.
- Tamiz estático.
- Tanque de homogeneización.
- Sedimentador primario.
- Sistema SBR.
- Cámara de cloración.
- Cámara de muestreo y medición.
- Tanques de almacenamiento de lodos (primario y secundario).
- Laboratorio.

- Sala de sopladores.
- Sala de control y operación.

Debido a las características del proceso productivo de la industria (que produce conservas enlatadas), la capacidad de tratamiento de efluente líquido varía entre aproximadamente 500 a 2000 m³/d dependiendo la época del año. El vuelco del efluente tratado se realizará a un cuerpo receptor, siendo el mismo el río Reconquista, que se encuentra en las proximidades del predio industrial de 8,8.4 ha que constituyen el área de influencia operativa del proyecto. Este predio está ubicado en el partido de San Miguel, que es el área de influencia de este proyecto. Se estima que la construcción llevará 3 meses para su culminación. Esto es un breve recuento de lo que fue explicado en los capítulos anteriores de el trabajo presente en mayor detalle, presentándose aquí la información que se considera necesaria para el desarrollo del estudio de impacto ambiental.

8.3.2 Construcción

Durante la etapa de construcción se tienen en cuenta todas las actividades necesarias para la preparación del terreno para la posterior construcción de las unidades previstas para el tratamiento del efluente. Esto comprende la demolición de estructuras existentes, desmonte de algunos árboles y nivelación del terreno. Una vez realizado esto, las demás actividades involucradas consisten en la excavación necesaria para la construcción de las estructuras y entierro de cañerías, el movimiento de escombros, el uso de maquinarias de gran tamaño para esto, la gestión de los residuos generados, el trabajo por la mano de obra, consumo de servicios e insumos, la limpieza, y el montaje de la obra en sí.

8.3.3 Operación

Las actividades propias de la etapa de operación consisten en la puesta en marcha, la operación en condiciones normales de la planta así como en condiciones anormales, la gestión de los residuos generados (especialmente los lodos), el mantenimiento y la limpieza de las instalaciones.

8.4 Línea de base ambiental

Habiendo identificado las actividades propias del proyecto, se busca luego describir los compartimientos ambientales sin intervención del proyecto, para luego poder evaluar como la implementación del mismo los afectará y poder determinar si los efectos que se produzcan pueden ser evitados/mitigados/resarcidos . Se procede entonces a la descripción del ambiente que rodea el sitio donde se quiere instalar la planta de tratamiento de efluentes.

8.4.1 Aspectos climatológicos

El clima es pampeano. Presenta veranos cálidos e inviernos fríos (Temperaturas medias entre 29,5 y 11,2, con máximos rondando los 40 y mínimos de -7) , precipitaciones

anuales medias de 1171,8 mm siendo mayores entre octubre y marzo, en algunas ocasiones fuertes generando inundaciones. Los vientos son predominantes desde el este, como en el resto de la parte noreste de la provincia de Buenos Aires. En la siguiente figura (figura VIII.IV.I) se pueden ver los valores medios de temperatura y precipitaciones para el partido de san miguel.

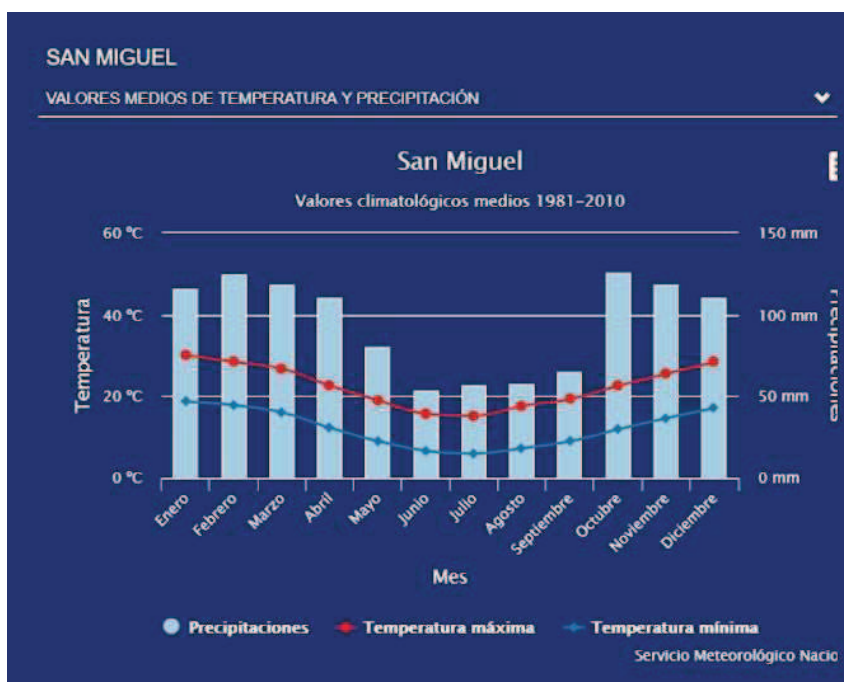


Figura VIII.IV.I: Valores medios de temperatura y precipitaciones del partido de San Miguel entre 1981 -2010. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

8.4.2 Calidad atmosférica y niveles sonoros estimados

En cuanto a la composición de la línea de base respecto a la atmósfera no se cuentan con estudios cuantitativos por lo que la descripción que se realizará será solamente cualitativa en cuanto a la percepción de los profesionales responsables. Se trata de una zona con numerosas industrias instaladas en las cercanías, por lo que se espera que las afectaciones a la calidad de la atmósfera y los niveles sonoros de la zona sean considerables.

8.4.3 Suelos

La fisiografía natural del terreno ha sido modificada en función de las necesidades y actividades industriales y la ocupación del terreno por el hombre (construcciones, rectificación y desvíos de cursos de agua, entubamientos de la mayoría de los arroyos, modificación de la pendiente natural y accidentes geográficos, entre otros) (AySA, 2012).

Las capas que forman la secuencia estratigráfica son aquellas que pertenecen a la Formación Pospampeana, Pampeana y Puelche. Los sedimentos de la Formación Pospampeana son los depósitos más superficiales y afloran a lo largo de los valles fluviales

de los principales cauces tributarios del río de la Plata. Los sedimentos de la Formación Pampeana afloran o subafloran dependiendo del relieve y se caracterizan por su buena consistencia debida a los procesos previos de consolidación. Debajo de esta formación se encuentra la Formación Puelche. El partido presenta una baja sismicidad, con silencio sísmico de 129 años.

8.4.4 Recursos hídricos: Agua subterránea³³

En el caso del predio de la Planta, por encontrarse en una zona baja y próximo al curso actual del Río Reconquista es de esperar que los niveles freáticos estén directamente vinculados a las variaciones de los niveles hidráulicos del río. Las variaciones del nivel freático pueden desarrollarse entre 7 y 10 metros de profundidad en la zona de San Miguel, encontrándose el segundo a aproximadamente 20 metros.

La situación de los acuíferos en la zona es muy compleja dado que esta región se caracteriza por su expansión urbana que, al aumentar la impermeabilización del sustrato, impide la filtración del agua superficial disminuyendo la recarga. Asimismo la disposición de residuos domésticos, industriales y hasta patogénicos no controlados o clandestinos, la degradación de los sistemas de escurrimiento superficial, el uso inapropiado de pesticidas y abonos, la sobreexplotación y consiguiente salinización del recurso, entre otras causas, complican la situación del acuífero en la zona. Observando las curvas de nivel de zonas circundantes a la planta se puede inferir un gradiente de terreno, en dirección al Río Reconquista, con niveles que disminuyen en las zonas que existen registros, es decir que la dirección de escurrimiento de las aguas probablemente se dé hacia el Río, también influenciada por modificaciones artificiales en el terreno tales como: rellenos, vías de circulación (Con del Buen Ayre), etc.

8.4.5 Recursos hídricos : Agua superficial³³

Los cursos de agua superficial, y en particular el río Reconquista, son muy importantes en el marco de este proyecto dado que el mismo recibe actualmente el efluente tratado del proyecto presente.

El río Reconquista va recibiendo cargas contaminantes a lo largo de su curso, agravándose su estado hacia la desembocadura. El deterioro del curso comienza a evidenciarse desde la localidad de Paso del Rey. La margen derecha del río recibe los desagües de los Partidos de Morón, Hurlingham, etc., en tanto que la margen izquierda los vuelcos del área industrial de Bella Vista. El principal aporte contaminante proviene del Arroyo Morón que corre parcialmente entubado, recibe las descargas industriales y domiciliarias de la zona, en particular las del área de Campo de Mayo. Más cercano a la desembocadura, la margen derecha recibe la descarga de un conducto pluvial que también aporta desagües cloacales e industriales, a la altura de José León Suárez. Sobre la margen izquierda, otro afluente crítico es el arroyo Basualdo, en una región densamente poblada e industrializada, similar al caso del Arroyo Cordero, que aporta gran cantidad de residuos.

Los contaminantes del agua superficial se clasifican en tres grupos básicos: contaminantes domésticos, agrícolas e industriales. Las diferentes industrias ubicadas a lo largo de la cuenca del Reconquista van sumando diferentes agentes y causas de

contaminación. La presencia de metales pesados se asocian al aporte de efluentes de curtiembres y galvanoplastias, existe presencia de Cromo, Mercurio, Nitratos y Sulfatos en niveles muy elevados. La contaminación de origen industrial en la cuenca es significativa, ya que hay un gran número de establecimientos industriales que descargan sus efluentes con escaso o nulo tratamiento previo. El M.O.S.P determinó que son 280 los establecimientos responsables de los impactos directos más significativos, sumando a éstos las descargas cloacales de alrededor de 2.600.00 personas que habitan en la cuenca.

8.4.6 Flora y Fauna

Debido al gran proceso de urbanización de la zona, la fauna y flora nativa se encuentra desplazada y no es representativa del estadio actual de la zona.

Originalmente la vegetación es la característica de la zona de estepa de gramíneas. Los matorrales ribereños y la vegetación boscosa marginal de los ríos y arroyos son actualmente inexistentes, habiendo sido reemplazados por árboles y arbustos urbanos, en su mayoría especies exóticas (AySA, 2012).

La fauna actualmente se reduce a especies habituadas al medio urbano, como puede ser avifauna, animales domésticos, algunas lagartijas, roedores e insectos.

Se destaca la presencia de gran cantidad de aves, debido a la cercanía a la reserva natural urbana "El Corredor" la cual se encuentra fuera del área de influencia del proyecto pero no obstante se observan los efectos de la misma en la presencia de avifauna.

8.4.7 Aspectos urbanos y sociales

El partido de San Miguel comprende 22 barrios con una población de 276.190 (INDEC 2010) habitantes en promedio de clase media baja. Es una de las zonas comerciales más importantes del gran Buenos Aires contando con gran presencia de bancos, comercios e industrias.

En el entorno del predio se encuentra la autopista Camino del Buen Ayre. Esta red comunica a los partidos con el resto de conurbano, la Ciudad de Buenos Aires y el resto de la Provincia. En cuanto al transporte público de pasajeros el área se encuentra servida por las líneas 163, y 303 de colectivos y los FFCC Urquiza – San Martín con estaciones en W. Morris (San Martín) y Capitán Lozano (Urquiza).

El área de estudio cuenta con los servicios de electricidad, teléfono, gas (en forma parcial), cloacas y recolección de residuos periódica. Los efluentes pluviales son dirigidos hacia los arroyos cercanos mediante zanjas a cielo abierto. El agua de consumo en el entorno inmediato a la planta es captada desde pozos semisurgentes de manera privada y con caudales de explotación y profundidades de explotación según el uso.

8.5 Identificación y evaluación de impactos ambientales

8.5.1 metodología

Los posibles impactos tanto negativos como positivos se identifican mediante el reconocimiento de las acciones y los medios o factores en los cuales tengan efectos.

La evaluación de los impactos se realiza en una matriz en la que se enumeran los tipos de impacto que podrían ser generados por el proyecto, donde las columnas representan actividades que se hacen durante el proyecto y en las filas se representan los factores ambientales que son considerados.

Para facilitar el análisis, los impactos son caracterizados teniendo en cuenta una serie de atributos, los cuales están relacionados con valores numéricos. Esto permitirá resaltar los impactos más importantes y optimizar la eficiencia en la asignación de los recursos, ya sean humanos o económicos, para lograr una mejor gestión ambiental.

Los impactos se caracterizaron teniendo en cuenta una serie de atributos y cuantificándolos con valores: signo +/-, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto y recuperabilidad.

Signo (+ o -): El signo positivo corresponde a un impacto de tipo beneficioso para algún factor ambiental. El signo negativo corresponde a un impacto de tipo perjudicial para algún factor ambiental.

| SIGNO (+/-) | |
|--------------------|---|
| Beneficioso | + |
| Perjudicial | - |

Intensidad (i): Se refiere al grado probable de destrucción sobre el factor. La valoración está comprendida entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor y 1 una afectación mínima.

| INTENSIDAD (I) | |
|-----------------------|----|
| Baja | 1 |
| Media | 2 |
| Alta | 3 |
| Muy alta | 8 |
| Total | 12 |

Extensión (EX): Se refiere al área de influencia del impacto. El mínimo valor es 1 y corresponde a una acción cuyo efecto se expresa en forma puntual. Si el efecto no encuentra una localización precisa presentando un efecto generalizado en toda el área se le asignará máximo valor de 12.

| EXTENSIÓN (EX) | |
|----------------|----|
| Puntual | 1 |
| Parcial | 2 |
| Extenso | 4 |
| Total | 8 |
| Crítica | 12 |

Momento (MO): Alude al tiempo que transcurre entre la acción y la aparición del impacto sobre el factor del medio considerado. Cuando el tiempo transcurrido es nulo se le asignará el valor de 8. Si el tiempo transcurrido es dentro del primer año será inmediato y le corresponderá el valor 4. Luego entre 1 y 5 años, el valor será de 2 y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años el valor será de 1.

| MOMENTO (MO) | |
|--------------|---|
| Largo plazo | 1 |
| Medio plazo | 2 |
| Inmediato | 4 |
| Crítico | 8 |

Persistencia (PE): Se refiere al tiempo de permanencia del efecto una vez generado el impacto. Si la persistencia del efecto tiene lugar durante menos de un año el impacto será fugaz y el valor será de 1. Si dura entre 1 y 10 será considerado temporal y el valor correspondiente será de 2. Finalmente será considerado permanente asignándole un valor de 4 cuando su duración supere los 10 años.

| PERSISTENCIA (PE) | |
|-------------------|---|
| Fugaz | 1 |
| Temporal | 2 |
| Permanente | 4 |

Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio. Si es reversible en menos de 2 años será de corto plazo y se le asigna el valor de 1, si es entre 2 y 10 años se considerará de medio plazo. Por último si es irreversible, es decir que no podrá volver a sus condiciones iniciales en forma natural, el valor es de 4.

| REVERSIBILIDAD (RE) | |
|---------------------|---|
| Corto plazo | 1 |
| Medio plazo | 2 |
| Irreversible | 4 |

Sinergia (SI): Debe interpretarse como el reforzamiento de dos o más efectos simples. Se asigna una valoración de 1 cuando dicho fenómeno no se produce. Luego corresponderán los valores 2 o 4 de acuerdo a qué tan pronunciada es su magnitud.

| SINERGI A (SI) | |
|-----------------------|---|
| Sin sinergismo | 1 |
| Sinérgico | 2 |
| Muy sinérgico | 4 |

Acumulación (AC): Fenómeno mediante el cual los efectos son incrementales progresivamente. El valor es de 1 cuando es simple y 4 cuando es acumulativo.

| ACUMULACIÓN (AC) | |
|-------------------------|---|
| Simple | 1 |
| Acumulativo | 4 |

Efecto (EF): De acuerdo a su manifestación o forma de operar sobre el medio será directo o indirecto.

| EFECTO (EF) | |
|--------------------|---|
| Indirecto | 1 |
| Directo | 4 |

Periodicidad (PR): Es la manifestación de la posibilidad de ocurrencia del efecto en el tiempo, calificándose como irregular con valor 1, periódico con valor 2 y continuo valor 4.

| PERIODICIDAD (PR) | |
|--------------------------|---|
| Irregular | 1 |
| Periódico | 2 |
| Continuo | 4 |

Recuperabilidad (RC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana. Si el efecto es recuperable inmediatamente, se le asigna valor 1. Si es recuperable pero a lo largo de un período de tiempo será valor 2. En caso de ser mitigable, es decir recuperable en forma parcial, se asigna el valor de 8 y si resulta irrecuperable se le asigna el valor 10.

| RECUPERABILIDAD (MC) | |
|------------------------------|----|
| Recuperable inmediatamente | 1 |
| Recuperable en mediano plazo | 2 |
| Mitigable | 8 |
| Irrecuperable | 10 |

Una vez cuantificados los atributos de cada impacto se procede a confeccionar la correspondiente matriz de impacto ambiental en la que cada casilla de cruce corresponde a un impacto. La importancia (I) del impacto numéricamente se expresó mediante la aplicación de la siguiente función:

$$I = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + RC)$$

Para una mejor visualización de los resultados de los impactos, se han relacionado los valores numéricos con colores según la siguiente distribución:

| VALORES | TIPO |
|-----------------|----------|
| Positivos | Positivo |
| >-51 | Leve |
| Entre -51 y -80 | Medio |
| < -80 | Alto |

Se puede ver en la tabla VIII.V.I resumido las actividades propias del proyecto y en la tabla VIII.V.II los compartimentos del ambiente identificados en la línea de base.

Tabla VIII.V.I Actividades del proyecto

| Etapa del proyecto | Actividades |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Construccion | Demolición estructuras preexistentes |
| | Preparación del terreno |
| | excavacion |
| | Movimiento de escombros |
| | maquinarias |
| | Mano de obra |
| | Consumo de servicios |
| | Consumo de insumos |
| | Limpeza periodica |
| | Montaje |
| Operacion | Puesta en marcha |
| | Operacion normal |
| | Gestión de residuos |
| | Gestion de lodos |
| | Mantenimiento |
| | Limpieza |

Tabla VIII.V.II Compartimentos del ambiente.

| | | |
|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Medio Natural | Atmósfera | Ruidos |
| | | Olores |
| | | Calidad |
| | | Vibraciones |
| | Suelo | Calidad |
| | | Compactación |
| | | Capacidad de uso |
| | Agua | Calidad superficial |
| | | Calidad subterránea |
| | Flora | Diversidad y abundancia |
| | | Alteración hábitat |
| | Fauna | Diversidad y abundancia |
| | | Alteración hábitat |
| | Medio Antropogénico | Economía |
| Actividades económicas | | |
| Social | | Calidad de vida |
| | | Red de transporte |
| | | Red de servicios |
| | | Densidad poblacional |

Habiendo realizado la identificación de los aspectos y factores ambientales, se procede a construir la matriz en la cual se identifican los efectos ambientales para su posterior descripción y evaluación, para finalmente poder presentarlo en forma de una matriz de impacto ambiental. La matriz resultante de los efectos ambientales se puede ver en la figura VIII.VI.I.

8.5.2.3 Agua

La calidad de agua tanto subterránea como superficial puede verse afectada en la etapa de construcción debido al uso de agua para las tareas de limpieza, que arrastran contaminantes hacia otros cuerpos de agua. Así mismo, el material particulado desprendido de las actividades puede afectar la calidad de agua superficial al depositarse el polvo en los cuerpos de agua cercanos. No obstante el efecto es no muy grande debido a que el cuerpo de agua cercano es un río por lo que la corriente lo diluye rápidamente, además, el río en cuestión se encuentra altamente contaminado por lo que el efecto de la deposición de material particulado no sería notorio comparado con los niveles que posee.

8.5.2.4 Flora

La flora del área de influencia se ve afectada directamente por el desmonte necesario para la preparación del terreno, así mismo, la compactación e impermeabilización del suelo afectan a este aspecto ambiental. Principalmente es el cambio de uso de suelo el que afecta a la flora, aun así, debido a la gran urbanización de la zona, el efecto no es muy grande.

8.5.2.5 Fauna

La fauna de la zona, en especial las aves, pueden verse afectadas por el ruido generado durante la construcción, cambiando alguno de sus patrones de vida durante este periodo para evitar las zonas cercanas. No obstante, al igual que en el caso de la flora, el efecto no es muy notorio debido a la alta urbanización e industrialización de la zona.

8.5.2.6 Socio-económico

El periodo de construcción del proyecto implica un aumento en el nivel de empleo de la zona debido a la mano de obra necesaria para llevar a cabo todas las actividades que la construcción comprende. Asimismo, se prevee un aumento en el uso de servicios (por ejemplo transporte público) y consumo en la zona por el personal destinado a estas actividades.

8.5.3 Impactos de la operación

8.5.3.1 Atmósfera

Durante la operación de la planta de tratamiento de efluentes, las afectaciones a la atmósfera pueden venir por la producción de olores que puede ocurrir en los reactores biológicos. También se puede producir contaminación sonora por el ruido y vibraciones propio de los equipos de bombeo y los sopladores. La calidad de aire no se ve gravemente afectada debido a la cercanía al río Reconquista que por su alta contaminación posee generalmente olores fuertes y debido a la proximidad a la autopista y vías de circulación los ruidos tampoco impactan fuertemente.

8.5.3.2 Suelo

En la etapa de operación ninguna de las actividades afecta significativamente la calidad, compactación o uso del suelo.

8.5.3.3 Agua

A lo largo de la etapa de operación se espera una mejoría en la calidad de agua superficial y subterránea debido a que el objetivo de la planta de tratamiento de efluentes es disminuir los valores de contaminación presentes en el agua, por lo que se espera un impacto positivo, aunque no muy grande debido a la gran contaminación presente en el río Reconquista que es el cuerpo receptor.

8.5.3.4 Flora y fauna

Se puede esperar un impacto positivo en la fauna y flora acuática del cuerpo receptor debido a la mejoría en la calidad del agua del mismo. En cuanto a la fauna y flora terrestre no se esperan cambios significativos.

8.5.3.6 Socio-económico

Se prevee un leve aumento en el nivel de empleo debido a la mano de obra necesaria para llevar adelante las tareas necesarias para el funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes líquidos industriales, tanto por contratación directa del proyecto como por contratación de terceros para servicios, así mismo, se puede esperar un aumento en la calidad de vida debido al acceso a empleo del personal y un consiguiente desarrollo (pequeño) de las inmediaciones.

8.5.4 Matriz de impactos ambientales

Una vez descriptos y evaluados los efectos ambientales se los posiciona en una matriz de impacto ambiental, la cual se puede ver a continuación en la figura VIII.V.II.

En primer lugar, se evalúa con valores relativos, la probabilidad de ocurrencia para cada impacto ambiental. Los Grados de certidumbre (C) varían entre:

- C = 0, cuando se considera que la ocurrencia es totalmente improbable.
- C = 1, cuando se juzga que la certeza de ocurrencia es incuestionable.

En la tabla que se exhibe a continuación, se definen los valores numéricos que se asocian a cada probabilidad de ocurrencia.

| Grado de certidumbre | Definición | Puntaje |
|----------------------|---|---------|
| Frecuente | Alta Probabilidad de ocurrencia. Sucede en forma reiterada. | 1 |
| Moderada | Probabilidad de ocurrencia media. Sucede algunas veces. | 0.8 |
| Ocasional | Posibilidad de ocurrencia limitada. Sucede pocas veces. | 0.6 |
| Remota | Posibilidad de ocurrencia baja. Sucede en forma esporádica. | 0.4 |
| Improbable | Posibilidad de ocurrencia muy baja. Sucede en forma excepcional | 0.2 |
| Imposible | De difícil posibilidad de ocurrencia. No ha sucedido hasta ahora. | 0.1 |

La mayoría de las probabilidades se determinan sobre la base de criterios cualitativos, debido a la ausencia de datos estadísticos que sustenten la evaluación.

8.6.1.2 Magnitud de los riesgos (M)

La vulnerabilidad es el grado relativo de sensibilidad que un sistema tiene respecto a un incidente determinado. Los factores de vulnerabilidad dentro de un análisis de riesgos permite determinar cuáles son los efectos negativos de un tipo de impacto. A efectos del presente análisis se considera el número y clase de afectados (empleados, personal de emergencia y la comunidad), el tipo y la gravedad de las lesiones, y las alteraciones o perturbaciones sobre cursos de agua, fauna, flora, aire, suelos y comunidad. Se cuantifica la Magnitud (M) de daños presuntos, para cada incidente, según el siguiente criterio:

- Valor 0 = Magnitud nula de daños, a no tomar en cuenta.
- Valor 1 = Magnitud leve de daños.
- Valor 2 = Magnitud media de daños.
- Valor 3 = Magnitud alta de daños.
- Valor 4 = Magnitud grave de daños. Daños reversibles.

- Valor 5 = Magnitud grave de daños. Daños irreversibles.

8.6.1.3 Valoración de los riesgos (R)

El riesgo (R) finalmente es el producto de estos dos factores, por un lado el Grado de Certidumbre (C) de un tipo de impacto probable y por otro, la Magnitud (M) del mismo.

$$R=M \times C$$

La aceptabilidad del riesgo surge de la combinación del Grado de Certidumbre con la Magnitud según el cálculo matemático precedente. Los valores numéricos que se corresponden a cada tipo de impacto definido son clasificados de acuerdo a las siguientes categorías.

Aceptable: Un incidente aceptable significa que la combinación de grado de certidumbre-magnitud no representa un riesgo significativo, por lo que no amerita la inversión inmediata de recursos y no requiere una acción específica para la gestión sobre el factor de vulnerabilidad considerado. Cuantitativamente representa riesgos con valores comprendidos entre 0 y 1,6 puntos.

Tolerable: Un incidente tolerable significa que, aunque deben desarrollarse actividades para la gestión sobre el riesgo, éstas tienen una prioridad de segundo nivel. Cuantitativamente representa riesgos con valores entre 1,7 y 3,3 puntos.

Inaceptable: Un incidente inaceptable significa que se requiere siempre desarrollar acciones prioritarias e inmediatas para su gestión, debido al alto impacto que tendrían sobre el sistema. Cuantitativamente representa valores de riesgo entre 3,4 y 5 puntos.

| | | | Gravedad | | | | |
|--|-----|------------|----------|----------|----------|------------|--------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | Leve | Media | Alta | Reversible | Irreversible |
| P r o b a b i l i d a d | 0.1 | Imposible | verde | | | | |
| | 0.2 | Improbable | | | | | |
| | 0.4 | Remoto | | | | | amarillo |
| | 0.6 | Ocasional | | | amarillo | amarillo | amarillo |
| | 0.8 | Moderado | | | amarillo | amarillo | rojo |
| | 1 | Frecuente | | amarillo | amarillo | rojo | rojo |

Aceptable

Tolerable

Inaceptable

8.6.1.4 Matriz de riesgos

El cálculo del riesgo se realiza en una matriz en la que se enumeran todos los incidentes que podrían ocurrir y se muestra su grado de certidumbre y magnitud que derivan en el riesgo a determinar. Esto permite optimizar la eficiencia en la asignación de los recursos, ya sean humanos o económicos, con el fin de mejorar la gestión ambiental.

| Incidente | Riesgo | | |
|-----------------------|-----------------|--------------|------------|
| | Certidumbre (C) | Magnitud (M) | Riesgo (R) |
| Explosion | 0.4 | 3 | 1.2 |
| Incendio | 0.4 | 3 | 1.2 |
| Derrame | 0.4 | 3 | 1.2 |
| Accidente Laboral | 0.1 | 1 | 0.1 |
| Perdidas accidentales | 0.2 | 3 | 0.6 |
| Terremoto | 0.1 | 5 | 0.5 |
| Inundacion | 0.4 | 5 | 2 |

8.7 Plan de gestion ambiental

Luego de presentar el análisis y valoración de los impactos ambientales que la construcción y operación del Proyecto ocasionará sobre los componentes del ambiente, se identifican medidas específicas de prevención/mitigación/rehabilitación/recomposición para reducir la severidad de los impactos a niveles aceptables y reducir potenciales efectos ambientales con la debida consideración de las mejores prácticas.

8.7.1 Medidas de prevención

Las medidas de prevención buscan evitar la ocurrencia del impacto/riesgo por medio de la implementación de considerar los efectos ambientales y alternativas en la etapa más temprana del diseño del proyecto, buscando reducir o evitar efectos , así como buscando disminuir el tiempo de exposición al impacto..

8.7.1.1 Capacitacion del personal

Se realizarán programas de capacitación de forma teórica y práctica que estará bajo la supervisión de un profesional responsable. Éste a su vez designará expertos de las

diferentes tareas para realizar dichas capacitaciones en las diferentes áreas comprometidas. Los cursos tendrán una carga horaria de hasta un máximo de 30 horas semanales dependiendo de la complejidad comprendida. Se realizarán previo y durante la operación.

Esta medida busca prevenir accidentes en todas las etapas del proyecto.

8.7.1.2 Gestion de residuos urbanos

Se realizará un plan de gestión de residuos urbano que tendrá como objetivo minimizar el impacto a causa de los desechos generados por el proyecto, impactos sobre la calidad del suelo, agua, etc.. Para tal caso se firmará un acuerdo con transportistas certificados para que retiren dichos residuos. Asimismo se instalarán contenedores diferenciados para los distintos tipos de residuos involucrados. Esta medida comprende todas las etapas del proyecto.

8.7.1.3 Equipos de lucha contra incendios

Verificación mensual de los extintores. Verificación del estado de otros equipos de seguridad, conforme cronograma.

8.7.1.4 Instalacion y mantenimiento de señalética y vallados

Colocar la cartelera de advertencia necesaria, de acuerdo a la peligrosidad del sitio y actividad desarrollada. Efectuar el mantenimiento periódico de la señalética (durabilidad y legibilidad).

8.7.1.5 Capacitacion de primeros auxilios .

Si bien se contará con un cuerpo médico para la etapa de construcción, es necesario capacitar al personal para situaciones límites. Realizar un curso en el comienzo de cada etapa con los principios de primeros auxilios, obligatorio para todos los empleados.

8.7.1.6 Verificación periodica de las instalaciones

Realizar un seguimiento y un mantenimiento a la maquinaria y a las instalaciones en uso con el fin de evitar accidentes y efectos nocivos para el ambiente.

8.7.1.7 Comunicación interna

Asegurar una comunicación eficaz entre la gerencia y todos los niveles operacionales, para asegurar la retroalimentación de la información relevante para la gestión ambiental desde las áreas donde existen potenciales fuentes de impacto o riesgo ambiental.



8.7.1.8 Mantenimiento y limpieza

En función de evitar riesgos de trabajo e higiene en el área, limpiar y realizar el mantenimiento necesario en cada uno de los equipamientos y unidades.

8.7.1.9 Códigos de buena conducta del personal

Se escribirá un código de buena conducta para el personal.

8.7.1.10 Asignación de responsable ambiental

Para este fin se hará una Declaración Responsable Ambiental. Dicha declaración es la tramitación basada en una memoria técnica y certificados que permite obtener autorización por parte de la Administración para iniciar el proyecto.

8.7.1.11 Plan de evacuación

El plan de evacuación es la planificación y organización humana para la utilización óptima de los medios técnicos previstos con la finalidad de reducir al mínimo las posibles consecuencias que pudieran derivarse de una situación de riesgo. Para tal caso se designará un punto de encuentro.

8.7.1.12 Empleo de elementos de protección personal

Se contactará y firmará acuerdos con proveedores certificados para Los Elementos de Protección Personal (EPPS), indispensables para prevenir accidentes de trabajo y enfermedades profesionales ante la presencia de riesgos específicos que no pueden ser aislados o eliminados.

8.7.2 Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación son aquellas que buscan minimizar los efectos del impacto/riesgo una vez que este sucedió, controlan el efecto limitando el nivel o intensidad de la fuente .

8.7.2.1 Gestión de residuos peligrosos

Se realizará un plan de gestión de residuos peligrosos que tendrá como objetivo minimizar el impacto a causa de los desechos generados por el proyecto. Para tal caso se firmará un acuerdo con transportistas certificados para que retiren dichos residuos y los dispongan de acuerdo a la normativa vigente. Se emitirán asimismo manifiesto para crear trazabilidad en el proceso de gestión.

8.7.2.2 Minimización de generación de ruidos y vibraciones

Tomar las medidas necesarias (colocar barreras, silenciadores, mantenimiento) para minimizar los ruidos generados en las distintas etapas del proyecto, fundamentalmente en la sala de sopladores.

8.8 Plan de seguimiento y monitoreo

Los datos que se recolecten durante el Programa de Monitoreo serán comparados con los datos de línea base, para examinar cualquiera variación no previstas en las tendencias o condiciones ambientales. A medida que se cuente con un conjunto de datos más completo, se determinarán los “niveles de acción” para cada uno de los componentes ambientales del programa de monitoreo ambiental. Estos niveles de acción determinarán la necesidad de monitoreo adicional, de validación y, si fuera necesario, la implementación de medidas de remediación.

8.9 Plan de contingencias

El Plan de Contingencias tiene por finalidad proporcionar mecanismos de respuesta oportunos y eficientes para responder ante la manifestación eventual de incidentes, con el propósito de minimizar la magnitud y extensión de daños a las personas e instalaciones que el evento pudiere ocasionar. Asimismo, facilita a la cadena de responsables asignar recursos humanos y materiales en una secuencia que permite accionar de manera rápida, organizada, coordinada y eficaz para atender la gravedad de las emergencias e incidentes, minimizando los efectos adversos de los imponderables. Este Plan incluye las operaciones de la C.T.C.S., de actualización periódica. El Plan de Contingencias contempla entre otras, las posibilidades de ocurrencia de las siguientes emergencias.

- Incendio / Explosión.
- Derrames.
- Accidentes Laborales.
- Pérdidas Accidentales.
- Terremoto
- Inundación

En todos estos casos se debe contar con un plan de acción que indique los pasos a seguir y los responsables en cada caso. Se busca que se cumplan las siguientes acciones:

- Identificación de la contingencia, dando lugar a una inmediata alerta a las autoridades pertinentes.
- Acción de respuesta: Una vez alertados, se debe proceder a accionar sobre la contingencia, ya sea intentando eliminarla (por ejemplo mediante el uso de extintores) o alertando a las autoridades pertinentes (por ejemplo bomberos).



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL



Proyecto final : Diseño de planta de tratamiento de efluentes para una industria productora de conservas en el partido de San Miguel

Autor: Lucas Klug ; Legajo N°6202

Buenos Aires - 2018

- Respuesta operacional: Se deben realizar todas las acciones necesarias para asegurar la integridad del material de trabajo, los reactores e insumos, siempre y cuando esto no se interponga con la seguridad del personal.
- Procedimiento de emergencia: Todas las acciones que deben estar delimitadas en el protocolo de contingencias deben ser conocidas por todos los empleados y deben ser puestas en práctica mediante la implementación de simulacros y capacitaciones periódicos sobre cómo actuar en cada caso.

8.10 Conclusiones EsIA

A partir del EsIA elaborado se puede concluir que el proyecto es ambiental y socioeconómicamente viable. Los impactos negativos observados no son de gran magnitud comparando con la línea de base ambiental de la zona, lo cual está relacionado con la gran urbanización de la misma y contaminación del río Reconquista. Así mismo, se debe realizar una actividad consciente de los impactos ambientales por lo cual se presenta el plan de gestión ambiental que tiende a asumir la responsabilidad del proyecto sobre los impactos que este genera. El balance general también muestra que hay un número considerable de impactos positivos, sobre todo en el sector socioeconómico, que no deben ser minimizados.

A forma de resumen, se destaca que el proyecto puede ser llevado adelante de manera consciente ya que los impactos ambientales negativos que el proyecto causa pueden ser minimizados hasta niveles aceptables.

Capítulo IX

Conclusiones

9.1 Conclusiones proyecto

Partiendo del caso inicial presentado por la industria, se observaron parámetros no conformes con la normativa de vuelco del efluente líquido industrial generado en la actividad productiva, por esto mismo , se propusieron dos alternativas de tratamiento que permitan garantizar el tratamiento correcto del efluente para cumplir la normativa.

Los puntos a tratar fueron principalmente los sólidos suspendidos, que fueron tratados por el sistema de rejillas, tamiz y sedimentador primario, la contaminación carbonosa, que fue tratada por medio de los tanques SBR. La alternativa presentada de los tanques de lodos activos no presentó ventajas suficientes para ser instalada por encima de la alternativa con tanques SBR.

Técnicamente se ve que la propuesta por la cual se optó garantiza un correcto tratamiento del efluente debido a las condiciones operativas del mismo. Así mismo, debido a la característica fluctuante y cambiante del proceso productivo, el sistema SBR es óptimo debido a la gran adaptabilidad que este permite.

Del análisis económico se desprende que es viable el proyecto, con la financiación del FONARSEC, ya que la industria se encontraba presionada a realizar un manejo ambientalmente responsable de sus efluentes por parte de la autoridad de aplicación local.

Por último, el proyecto presenta impactos ambientales y socioeconómicos que globalmente resultan positivos, siendo los negativos minimizados por el plan de gestión ambiental del proyecto.

En resumen, el proyecto es viable técnica, económica y ambientalmente.

9.2 Conclusiones personales

La realización del proyecto de manera individual es un desafío personal enorme, debido al gran volumen de trabajo que se debe realizar, material que se debe consultar y tiempo que este conlleva.

Considero que la realización del proyecto final como forma de integración de la carrera es sumamente acertada, ya que permite integrar todos las herramientas y conocimientos adquiridos a lo largo del trayecto universitario de una manera que de no ser por el proyecto sería muy difícil, debido a la cantidad y diversidad de contenidos. Asimismo, opino que permite reforzar muchas áreas de estudio que de lo contrario no hubiesen sido fijadas tan exitosamente.

Proyecto final : Diseño de planta de tratamiento de efluentes para una industria productora de conservas en el partido de San Miguel

Autor: Lucas Klug ; Legajo N°6202

Buenos Aires - 2018

A pesar de esto, considero que sería positivo una instancia del proyecto final que permita la integración de contenidos entre compañeros, de manera de también afianzar herramientas de trabajo en equipo en proyectos de gran magnitud, ya que a mi entender es una parte significativa del futuro desarrollo profesional para el cual nos estamos preparando con este proyecto final.

Bibliografía

1. Indec censo 2010
2. Partido de San Miguel. (2019). Recuperado de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Partido_de_San_Miguel
3. Censo Nacional 2010. (2016). CABA.
4. Defensor del Pueblo de la Nación, (2007). *informe especial cuenca del río Reconquista*. [online] CABA. Recuperado de:
http://www.coepsa.org/Temas%20sociales/informe_reconquista.pdf.
5. Ossana, N. (2011). *Biomarcadores de contaminación acuática: estudios en los ríos Luján y Reconquista*. Doctorado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires.
<http://www.ada.gba.gov.ar/normativa/RESOLUCIONES/RESOL336-2003.pdf>
6. Schoeninger A., Machado Coelho S., (2017) *Cienc. Rural vol.47 no.5 Santa Maria* 2017, UFGD, Brasil.
7. Rodríguez Sáenz, D. (1999) *INDUSTRIA DE CONSERVAS VEGETALES Guía para la Aplicación del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC)*, IICA, San José, Costa Rica.
8. Artículo recuperado el 29/03/18 de
<http://shellingmachine.com/application/how-to-process-chickpeas-industrially.html>
9. Manual AP-42 de la US EPA capítulo 9.8.1 *Canned Fruits And Vegetables*
10. *MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES EN LA INDUSTRIA DE ELABORADOS VEGETALES, AINIA*.
11. *Documento COTEC sobre necesidades tecnológicas capítulo 15: conservas vegetales*, abril 2013
12. Ranken M.D. y Kill R.C (1993), *Food industries manual*, Springer science+Business media LLC, New York.
13. Tamices rotativos - TAERSA. (2019). Recuperado de:
<http://www.taersa.com/tecnologias-procesos/equipos/tamices-rotativos/>
14. Tambor rotativo RANGER®. (2019). Recuperado de:
<http://www.estruagua.com/es/solidos-de-finos/tambor-rotativo-ranger-r.html>
15. Maldonado Yactayo V. "Manual 1 "teoría" OPS - CEPIS cap. 7 SEDIMENTACION"
16. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 1997
17. Charpentier, J. (abril 2014) "*Tratamiento de aguas residuales con lodos activos*" INTI, BS. AS., Argentina.
18. Fernandez-Polanco F. y Seghezzi L. (Enero 2015) "*Diseño de reactores upflow anaerobic sludge blanket*" INTI, BS.AS., Argentina.
19. Fernandez, p. (2019). *ORIFICIOS Y VERTEDEROS* [Ebook]. Recuperado de:
<http://files.pfernandezdiez.es/MecanicaFluidos/PDFs/12MecFluidos.pdf>

20. Pellegrini, c., & castaño, j. (2014). *Proyecto Planta Depuradora: memoria descriptiva*. Neuquen. Disponible en :
<http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/03/Memoria-descriptiva.pdf>
21. https://www.alibaba.com/product-detail/Full-bridge-sludge-scrapers-used-in_60270772472.html?spm=a2700.7724838.2017115.12.706b76c1kA11st
22. <http://gvsoluciones.com/productos/decantadorflotanteSBR.pdf>
23. Tamiz file:///C:/Users/Lucas/Downloads/WWT_Catalogue_ES_1217_EDIT.PDF
24. https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=SBR+DECANTER
25. <http://repicky.com.ar/site/wp-content/uploads/2016/01/Folleto-Sopladores-y-Bombas-RA-R-epicky.pdf>
26. <http://www.repicky.com.ar/difusores-de-membrana-de-burbuja-fina.html>
27. Fernandez, p. (2019). *ORIFICIOS Y VERTEDEROS* [Ebook]. Retrieved from
<http://files.pfernandezdiez.es/MecanicaFluidos/PDFs/12MecFluidos.pdf>
28. Contreras Barrera, J. (2019). *MODELACIÓN DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO EN PLANTA DE LODOS ACTIVADOS* (Ingeniero). Universidad de Chile : Facultad de ciencias físicas y matemáticas.
29. Calvillo. (2011). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Municipales)*. México D.F.: Instituto del Agua. disponible en :
<http://www.aguascalientes.gob.mx/inagua/construccion/Diagnosticos/01%20Diagn%C3%B3stico%20Calvillo.pdf>
30. <https://product-selection.grundfos.com/catalogue.product%20families.dpk.html?custid=GM A1&familycode=DPK000&lang=ENU&time=1546442427086>
31. <https://product-selection.grundfos.com/catalogue.product%20families.sl.html?custid=GMA1 &familycode=SLFAM&lang=ENU&time=1546442571855>
32. AySA. (2008). *Sistema cuenca Hurlingham*. Buenos Aires. Recuperado de:
https://www.aysa.com.ar/media-library/sustentabilidad/bid/BID_Estudio_Ambiental_Cuenca_Hurlingham.pdf
33. Caracterización: Estadísticas de largo plazo | Servicio Meteorológico Nacional. (2019). Retrieved from <https://www.smn.gob.ar/caracterizacion-estadisticas-de-largo-plazo>
34. AySA - Estudios de las Obras financiadas por el BID. (2019). Recuperado de:
https://www.aysa.com.ar/Que-Hacemos/Estudios-de-impacto-ambiental/estudios_de_las_obras_financiadas_por_el_BID
35. AySA. (2019). *Informe de Línea de Base Ambiental Partido de Moreno*. Buenos Aires. Recuperado de:
https://www.aysa.com.ar/media-library/sustentabilidad/bid/BID_AAS_LC_Anexo_II_Linea_de_Base_Ambiental_Moreno.pdf

Anexos

Anexo 1: Folleto Repicky sopladores.

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 | Q m³/h | P HP | Q m³/h | P HP | Q m³/h | P HP | Q m³/h | P HP | Q m³/h | P HP | Q m³/h | P HP | Q m³/h | P HP | Q m³/h | P HP | Q m³/h | P HP |
| R100 | 1450 | 29.6 | 0.4 | 23.1 | 0.5 | 19 | 0.7 | 11.7 | 0.9 | | | | | | | | | | | | |
| | 2250 | 54 | 0.8 | 47.5 | 0.8 | 42.2 | 1.1 | 38.1 | 1.4 | 34.3 | 1.6 | 30.8 | 1.8 | | | | | | | | |
| | 2900 | 74 | 0.7 | 67.3 | 1.1 | 62.2 | 1.4 | 57.9 | 1.6 | 54.1 | 2.0 | 50.6 | 2.3 | 47.4 | 2.7 | | | | | | |
| R200 | 1450 | 123 | 1.5 | 116 | 1.6 | 111 | 2.1 | 107 | 2.6 | 103 | 3.1 | 99 | 3.7 | 96 | 4.2 | | | | | | |
| | 2250 | 112 | 0.9 | 101 | 1.4 | 92.1 | 1.9 | 84.6 | 2.4 | 78.1 | 2.9 | 72.1 | 3.4 | | | | | | | | |
| | 2900 | 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 | 89 | 0.8 | 80 | 1.3 | 65 | 1.5 | 56 | 1.9 | 48 | 2.4 | | | | | | | | | | |
| | 2250 | 156 | 0.9 | 142 | 1.6 | 131 | 2.3 | 122 | 3.0 | 114 | 3.7 | 107 | 4.4 | 100 | 5.0 | | | | | | |
| | 2900 | 210 | 1.2 | 196 | 2.0 | 185 | 3.0 | 176 | 3.9 | 168 | 4.8 | 161 | 5.6 | 154 | 6.5 | 148 | 7.5 | | | | |
| R500 | 1450 | 142 | 1.0 | 132 | 1.6 | 112 | 2.3 | 101 | 3.0 | 91 | 3.6 | 82 | 4.3 | 74 | 4.9 | | | | | | |
| | 2250 | 241 | 1.5 | 225 | 2.5 | 211 | 3.6 | 200 | 4.6 | 190 | 5.6 | 181 | 6.7 | 173 | 7.8 | | | | | | |
| | 2900 | 322 | 1.9 | 306 | 3.3 | 292 | 4.6 | 281 | 5.9 | 271 | 7.3 | 262 | 8.5 | 254 | 10.0 | 246 | 11.3 | | | | |
| R600 | 1450 | 185 | 1.2 | 170 | 2.1 | 138 | 3.0 | 120 | 3.9 | 105 | 4.9 | | | | | | | | | | |
| | 2250 | 319 | 1.8 | 293 | 3.3 | 272 | 4.7 | 255 | 6.1 | 239 | 7.5 | 225 | 8.9 | 212 | 10.3 | | | | | | |
| | 2900 | 429 | 2.4 | 402 | 4.2 | 382 | 6.0 | 364 | 7.9 | 349 | 9.7 | 335 | 11.4 | 321 | 13.3 | 309 | 15.1 | | | | |
| R1000 | 1450 | 297 | 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 | 449 | 7.1 | 435 | 9.1 | 422 | 11.1 | 411 | 13.1 | 400 | 15.0 | 390 | 17.1 | 381 | 19.0 | 372 | 21.0 |
| | 2900 | 641 | 4.0 | 620 | 6.6 | 603 | 9.1 | 589 | 11.7 | 577 | 14.3 | 565 | 16.9 | 555 | 19.4 | 545 | 21.9 | 535 | 24.5 | 527 | 27.1 |
| R1200 | 1450 | 974 | 5.9 | 953 | 9.8 | 936 | 13.6 | 922 | 17.4 | 910 | 21.1 | 899 | 24.9 | 888 | 28.7 | 878 | 32.6 | 868 | 36.4 | | |
| | 2250 | 1609 | 8.8 | 1550 | 14.4 | 1491 | 21.2 | 1432 | 27.9 | 1373 | 34.6 | 1314 | 41.3 | 1255 | 48.0 | 1196 | 54.7 | 1137 | 61.4 | | |
| | 2900 | 2144 | 11.7 | 2065 | 19.5 | 1986 | 27.3 | 1907 | 35.1 | 1828 | 42.9 | 1749 | 49.5 | 1670 | 57.1 | 1591 | 64.3 | 1512 | 71.5 | | |
| R1.5 | 1450 | 605 | 4.0 | 570 | 6.5 | 543 | 9.0 | 520 | 11.6 | 499 | 14.2 | 481 | 16.7 | 464 | 19.2 | 448 | 21.7 | | | | |
| | 2250 | 981 | 6.2 | 947 | 10.1 | 920 | 14.1 | 897 | 18.0 | 877 | 21.9 | 859 | 25.8 | 840 | 29.7 | 825 | 33.6 | 809 | 37.5 | 795 | 41.3 |
| | 2900 | 1288 | 8.0 | 1253 | 13.1 | 1226 | 18.1 | 1203 | 23.2 | 1183 | 28.3 | 1164 | 33.4 | 1147 | 38.4 | 1131 | 43.6 | 1115 | 48.6 | 1101 | 53.7 |
| R2.0 | 1450 | 892 | 5.1 | 850 | 8.8 | 816 | 12.5 | 788 | 16.2 | 763 | 19.6 | 740 | 23.5 | 719 | 27.2 | 699 | 30.8 | | | | |
| | 2250 | 1437 | 8.0 | 1395 | 13.7 | 1362 | 19.4 | 1333 | 25.0 | 1308 | 30.7 | 1285 | 36.5 | 1264 | 42.2 | 1244 | 47.8 | | | | |
| | 2900 | 1881 | 10.3 | 1838 | 17.6 | 1805 | 24.9 | 1776 | 32.3 | 1751 | 39.7 | 1729 | 46.9 | 1707 | 54.3 | 1688 | 61.7 | | | | |
| R2.5 | 1450 | 1269 | 7.5 | 1213 | 13.3 | 1170 | 19.2 | 1133 | 25.1 | 1100 | 31.0 | 1070 | 36.8 | | | | | | | | |
| | 2250 | 2039 | 11.6 | 1983 | 20.7 | 1940 | 29.8 | 1903 | 38.9 | 1870 | 48.0 | 1840 | 57.1 | | | | | | | | |
| | 2900 | 2665 | 15.0 | 2609 | 26.7 | 2565 | 38.4 | 2529 | 50.2 | 2495 | 61.9 | 2465 | 73.7 | | | | | | | | |
| R3.0 | 1450 | 1268 | 7.4 | 1212 | 12.5 | 1168 | 17.8 | 1131 | 22.9 | 1098 | 28.1 | 1068 | 33.3 | 1041 | 38.5 | 1015 | 43.7 | 990 | 48.8 | 1255 | 65.2 |
| | 2250 | 2037 | 11.4 | 1981 | 19.5 | 1937 | 27.5 | 1900 | 35.5 | 1867 | 43.6 | 1837 | 51.6 | 1810 | 59.7 | 1784 | 67.7 | 1759 | 75.8 | 1736 | 83.8 |
| | 2750 | 2517 | 14.0 | 2462 | 23.0 | 2418 | 33.7 | 2381 | 43.5 | 2346 | 53.3 | 2318 | 63.1 | 2290 | 72.9 | 2264 | 82.7 | 2240 | 92.6 | | |
| R3.5 | 1450 | 1707 | 9.2 | 1626 | 16.2 | 1562 | 21.3 | 1508 | 28.3 | 1461 | 37.2 | 1418 | 44.3 | 1377 | 51.3 | 1340 | 58.4 | | | | |
| | 2250 | 2697 | 11.1 | 2616 | 19.6 | 2554 | 28.0 | 2499 | 36.6 | 2451 | 45.0 | 2408 | 53.4 | 2368 | 62.0 | 2331 | 70.4 | | | | |
| | 2750 | 3400 | 17.5 | 3319 | 30.7 | 3256 | 44.1 | 3202 | 57.4 | 3144 | 70.7 | 3111 | 84.1 | 3071 | 97.4 | 3033 | 111 | | | | |
| R3.8 | 1450 | 2408 | 12.2 | 2280 | 22.2 | 2180 | 32.2 | 2098 | 42.3 | 2020 | 52.3 | 1952 | 62.4 | | | | | | | | |
| | 2250 | 3867 | 14.7 | 3698 | 26.9 | 3558 | 38.9 | 3434 | 51.2 | 3328 | 63.1 | 3230 | 75.3 | | | | | | | | |
| | 2750 | 4827 | 23.2 | 4608 | 42.2 | 4508 | 61.2 | 4413 | 80.2 | 4338 | 99.2 | 4270 | 118 | | | | | | | | |
| R4.0 | 1000 | 1676 | 9.4 | 1600 | 16.3 | 1539 | 23.2 | 1488 | 30.1 | 1442 | 36.9 | 1400 | 43.7 | 1361 | 50.6 | 1326 | 57.5 | 1293 | 64.4 | | |
| | 1450 | 2510 | 13.6 | 2432 | 23.6 | 2372 | 33.6 | 2320 | 43.6 | 2274 | 53.4 | 2233 | 63.4 | 2196 | 73.5 | 2160 | 83.4 | 2126 | 93.4 | 2094 | 103 |
| | 1750 | 3065 | 16.4 | 2987 | 28.4 | 2927 | 40.5 | 2876 | 52.6 | 2830 | 64.6 | 2788 | 76.6 | 2750 | 88.7 | 2714 | 101 | 2681 | 113 | 2648 | 125 |

Anexo 2: Cálculo de conducciones

| | Seccion | Caudal circulante (m3/d) | Nº Ramas | v adoptada (m/s) | Qdiseño (m3/s) | Amojada (m2) | D adoptado (m) | Perimetro mojado (m) | Rh (m) | vmanning (m/s) | Re | e/d | f | Seccion |
|------------|------------|--------------------------|---------------|------------------|----------------|--------------|----------------|----------------------|--------|----------------|--------|--------|--------|------------|
| Garbanzos | 1A | 1838 | 2 | 2.5 | 0.0213 | 0.0085 | 0.110 | 0.115 | 0.074 | 0.8765 | 96053 | 0.0136 | 0.058 | 1A |
| | 1B-1 | 1838 | 2 | 2.5 | 0.0213 | 0.0085 | 0.110 | 0.115 | 0.074 | 0.8765 | 96053 | 0.0136 | 0.058 | 1B-1 |
| | 1B-2 | 459 | 4 | 2.5 | 0.0053 | 0.0021 | 0.110 | 0.049 | 0.043 | 0.7940 | 87006 | 0.0136 | 0.065 | 1B-2 |
| | 1C-1 | 459 | 4 | 2.5 | 0.0053 | 0.0021 | 0.110 | 0.049 | 0.043 | 0.7940 | 87006 | 0.0136 | 0.065 | 1C-1 |
| | 1C-2 | 1838 | 1 | 2.5 | 0.0213 | 0.0085 | 0.110 | 0.115 | 0.074 | 0.8765 | 96053 | 0.0136 | 0.058 | 1C-2 |
| | 1D-1 | 1838 | 1 | 2.5 | 0.0213 | 0.0085 | 0.110 | 0.115 | 0.074 | 0.8765 | 96053 | 0.0136 | 0.058 | 1D-1 |
| | 1D-2 | 1838 | 1 | 2.5 | 0.0213 | 0.0085 | 0.110 | 0.115 | 0.074 | 0.8765 | 96053 | 0.0136 | 0.058 | 1D-2 |
| | 1D-C | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.110 | 0.115 | 0.022 | 0.3946 | 43237 | 0.0136 | 0.058 | 1D-C |
| | 1D-G | 1283 | 1 | 2.5 | 0.0148 | 0.0059 | 0.110 | 0.115 | 0.052 | 0.6897 | 75581 | 0.0136 | 0.058 | 1D-G |
| | 1E-C | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.110 | 0.115 | 0.022 | 0.3946 | 43237 | 0.0136 | 0.058 | 1E-C |
| | 1E-G | 1283 | 1 | 2.5 | 0.0148 | 0.0059 | 0.110 | 0.115 | 0.052 | 0.6897 | 75581 | 0.0136 | 0.058 | 1E-G |
| | 1E-C-LODOS | C-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0001 | 0.0000 | 0.110 | 0.115 | 0.000 | 0.0164 | 1796 | 0.0136 | 0.058 | 1E-C-LODOS |
| | 1E-G-LODOS | G-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0001 | 0.0000 | 0.110 | 0.115 | 0.000 | 0.0260 | 2852 | 0.0136 | 0.058 | 1E-G-LODOS |
| | 1E-T-LDOOS | T-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0002 | 0.0001 | 0.110 | 0.115 | 0.001 | 0.0341 | 3737 | 0.0136 | 0.058 | 1E-T-LDOOS |
| | 1F-C | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.110 | 0.115 | 0.022 | 0.3946 | 43237 | 0.0136 | 0.058 | 1F-C |
| | 1F-G | 1283 | 1 | 2.5 | 0.0148 | 0.0059 | 0.110 | 0.115 | 0.052 | 0.6897 | 75581 | 0.0136 | 0.058 | 1F-G |
| | 1F-T | 1838 | 1 | 2.5 | 0.0213 | 0.0085 | 0.110 | 0.115 | 0.074 | 0.8765 | 96053 | 0.0136 | 0.058 | 1F-T |
| | 1G | 1838 | 1 | 2.5 | 0.0213 | 0.0085 | 0.110 | 0.115 | 0.074 | 0.8765 | 96053 | 0.0136 | 0.058 | 1G |
| | 1H | 1838 | 1 | 2.5 | 0.0213 | 0.0085 | 0.110 | 0.115 | 0.074 | 0.8765 | 96053 | 0.0136 | 0.058 | 1H |
| | Salsifi | 1A | 555 | 2 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 |
| 1B-1 | | 555 | 2 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1B-1 |
| 1B-2 | | 138.75 | 4 | 2 | 0.0032 | 0.0016 | 0.1100 | 0.039 | 0.041 | 0.5942 | 22020 | 0.0403 | 0.065 | 1B-2 |
| 1C-1 | | 138.75 | 4 | 2 | 0.0032 | 0.0016 | 0.1100 | 0.039 | 0.041 | 0.5942 | 22020 | 0.0403 | 0.065 | 1C-1 |
| 1C-2 | | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1C-2 |
| 1D-1 | | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1D-1 |
| 1D-2 | | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1D-2 |
| 1D-C | | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1D-C |
| 1D-G | | 0 | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1100 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1D-G |
| 1E-C | | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1E-C |
| 1E-G | | 0 | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1100 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1E-G |
| 1E-C-LODOS | | C-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0001 | 0.0000 | 0.1100 | 0.049 | 0.001 | 0.0328 | 1541 | 0.0318 | 0.058 | 1E-C-LODOS |
| 1E-G-LODOS | | G-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1100 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1E-G-LODOS |
| 1E-T-LDOOS | | T-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0001 | 0.0000 | 0.1100 | 0.049 | 0.001 | 0.0328 | 1541 | 0.0318 | 0.058 | 1E-T-LDOOS |
| 1F-C | | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1F-C |
| 1F-G | | 0 | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1100 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1F-G |
| 1F-T | | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1F-T |
| 1G | | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1G |
| 1H | | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.1100 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1H |
| Frijoles | | 1A | 1797 | 2 | 2.5 | 0.0208 | 0.0083 | 0.110 | 0.049 | 0.168 | 1.5177 | 71363 | 0.0318 | 0.058 |
| | 1B-1 | 1797 | 2 | 2.5 | 0.0208 | 0.0083 | 0.110 | 0.049 | 0.168 | 1.5177 | 71363 | 0.0318 | 0.058 | 1B-1 |
| | 1B-2 | 599 | 4 | 2.5 | 0.0069 | 0.0028 | 0.110 | 0.039 | 0.071 | 0.8551 | 31690 | 0.0403 | 0.065 | 1B-2 |
| | 1C-1 | 599 | 4 | 2.5 | 0.0069 | 0.0028 | 0.110 | 0.039 | 0.071 | 0.8551 | 31690 | 0.0403 | 0.065 | 1C-1 |
| | 1C-2 | 1797 | 1 | 2.5 | 0.0208 | 0.0083 | 0.110 | 0.049 | 0.168 | 1.5177 | 71363 | 0.0318 | 0.058 | 1C-2 |
| | 1D-1 | 1797 | 1 | 2.5 | 0.0208 | 0.0083 | 0.110 | 0.049 | 0.168 | 1.5177 | 71363 | 0.0318 | 0.058 | 1D-1 |
| | 1D-2 | 1797 | 1 | 2.5 | 0.0208 | 0.0083 | 0.110 | 0.049 | 0.168 | 1.5177 | 71363 | 0.0318 | 0.058 | 1D-2 |
| | 1D-C | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.110 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1D-C |
| | 1D-G | 1242 | 1 | 2.5 | 0.0144 | 0.0057 | 0.110 | 0.049 | 0.116 | 1.1863 | 55782 | 0.0318 | 0.058 | 1D-G |
| | 1E-C | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.110 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1E-C |
| | 1E-G | 1242 | 1 | 2.5 | 0.0144 | 0.0057 | 0.110 | 0.049 | 0.116 | 1.1863 | 55782 | 0.0318 | 0.058 | 1E-G |
| | 1E-C-LODOS | C-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1E-C-LODOS |
| | 1E-G-LODOS | G-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1E-G-LODOS |
| | 1E-T-LDOOS | T-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1E-T-LDOOS |
| | 1F-C | 555 | 1 | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.110 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 1F-C |
| | 1F-G | 1242 | 1 | 2.5 | 0.0144 | 0.0057 | 0.110 | 0.049 | 0.116 | 1.1863 | 55782 | 0.0318 | 0.058 | 1F-G |
| | 1F-T | 1797 | 1 | 2.5 | 0.0208 | 0.0083 | 0.110 | 0.049 | 0.168 | 1.5177 | 71363 | 0.0318 | 0.058 | 1F-T |
| | 1G | 1797 | 1 | 2.5 | 0.0208 | 0.0083 | 0.110 | 0.049 | 0.168 | 1.5177 | 71363 | 0.0318 | 0.058 | 1G |
| | 1H | 1797 | 1 | 2.5 | 0.0208 | 0.0083 | 0.110 | 0.049 | 0.168 | 1.5177 | 71363 | 0.0318 | 0.058 | 1H |
| | Primavera | 1A | 1068 | 2 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 |
| 1B-1 | | 1068 | 2 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 | 1B-1 |
| 1B-2 | | 356 | 4 | 2.5 | 0.0041 | 0.0016 | 0.110 | 0.039 | 0.042 | 0.6045 | 22403 | 0.0403 | 0.065 | 1B-2 |
| 1C-1 | | 356 | 4 | 2.5 | 0.0041 | 0.0016 | 0.110 | 0.039 | 0.042 | 0.6045 | 22403 | 0.0403 | 0.065 | 1C-1 |
| 1C-2 | | 1068 | 1 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 | 1C-2 |
| 1D-1 | | 1068 | 1 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 | 1D-1 |
| 1D-2 | | 1068 | 1 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 | 1D-2 |
| 1D-C | | 0 | 1 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 | 1D-C |
| 1D-G | | 1068 | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1D-G |
| 1E-C | | 0 | 1 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 | 1E-C |
| 1E-G | | 1068 | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1E-G |
| 1E-C-LODOS | | C-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1E-C-LODOS |
| 1E-G-LODOS | | G-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1E-G-LODOS |
| 1E-T-LDOOS | | T-LODOS | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1E-T-LDOOS |
| 1F-C | | 0 | 1 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 | 1F-C |
| 1F-G | | 1068 | 1 | 2.5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 1F-G |
| 1F-T | | 1068 | 1 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 | 1F-T |
| 1G | | 1068 | 1 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 | 1G |
| 1H | | 1068 | 1 | 2.5 | 0.0124 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0729 | 50449 | 0.0318 | 0.058 | 1H |
| primavera | | 1D-C | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 |
| | 1D-G | 1068 | 100% | 3 | 0.0124 | 0.0041 | 0.110 | 0.049 | 0.083 | 0.9502 | 44679 | 0.0318 | 0.058 | 1D-G |
| | 2A-C | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2A-C |
| | 2A-C-R | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2A-C-R |
| | 2A-G | 1068 | 100% | 3 | 0.0124 | 0.0041 | 0.110 | 0.049 | 0.083 | 0.9502 | 44679 | 0.0318 | 0.058 | 2A-G |
| | 2A-G-R | 544 | Recirculacion | 3 | 0.0063 | 0.0021 | 0.110 | 0.049 | 0.042 | 0.6060 | 28496 | 0.0318 | 0.058 | 2A-G-R |
| | 2B-C | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2B-C |
| | 2B-LC | 0 | Lodos | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2B-LC |
| | 2B-G | 1068 | 100% | 3 | 0.0124 | 0.0041 | 0.110 | 0.049 | 0.083 | 0.9502 | 44679 | 0.0318 | 0.058 | 2B-G |
| | 2B-LG | 82.6 | Lodos | 3 | 0.0010 | 0.0003 | 0.110 | 0.049 | 0.006 | 0.1725 | 8110 | 0.0318 | 0.058 | 2B-LG |
| | 2C-C | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2C-C |
| | 2C-C-R | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2 |

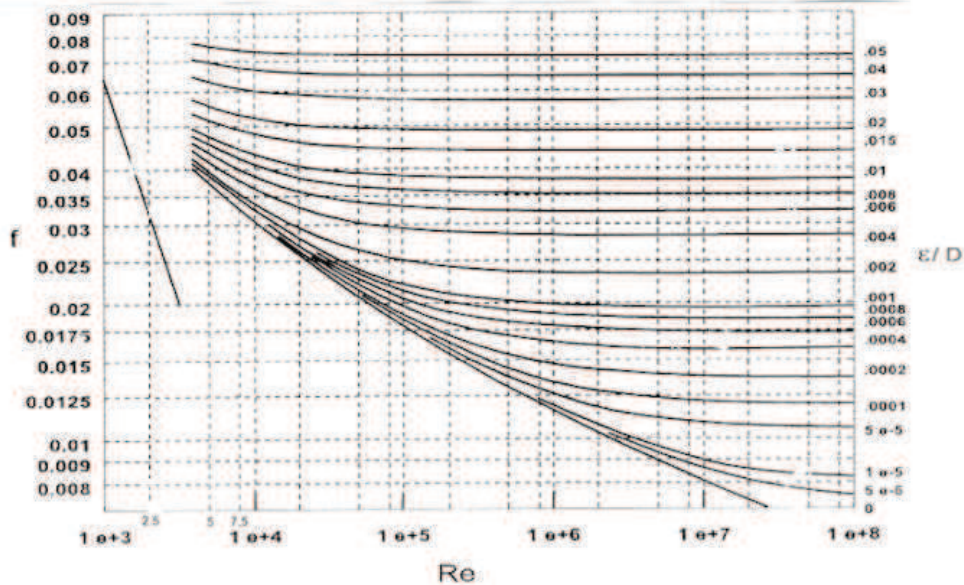
Anexo 2: Cálculo de conducciones

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|----------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|--------|-------|--------|----------------|----------|
| | 2C-LG | 48.4 | Lodos | 1.4 | 0.0006 | 0.0004 | 0.110 | 0.157 | 0.003 | 0.0929 | 13878 | 0.0100 | 0.058 | 2C-LG |
| | 2D-C | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2D-C |
| | 2D-G | 1068 | 100% | 3 | 0.0124 | 0.0041 | 0.110 | 0.049 | 0.083 | 0.9502 | 44679 | 0.0318 | 0.058 | 2D-G |
| | 2D-T | 1068 | 100% | 3 | 0.0124 | 0.0041 | 0.110 | 0.049 | 0.083 | 0.9502 | 44679 | 0.0318 | 0.058 | 2D-T |
| | Bypass C | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | Bypass C |
| | Bypass G | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | Bypass G |
| | 1D-C | 0 | 0% | 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.031 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0507 | 0.07 | 1D-C |
| | 1D-G | 1068 | 100% | 2 | 0.0124 | 0.0062 | 0.110 | 0.031 | 0.199 | 1.6994 | 50113 | 0.0507 | 0.07 | 1D-G |
| | 2A-1 | 356 | 33% | 2 | 0.0041 | 0.0021 | 0.110 | 0.031 | 0.066 | 0.8170 | 24092 | 0.0507 | 0.07 | 2A-1 |
| | 2A-2 | 356 | 33% | 2 | 0.0041 | 0.0021 | 0.110 | 0.031 | 0.066 | 0.8170 | 24092 | 0.0507 | 0.07 | 2A-2 |
| | 2A-3 | 356 | 33% | 2 | 0.0041 | 0.0021 | 0.110 | 0.031 | 0.066 | 0.8170 | 24092 | 0.0507 | 0.07 | 2A-3 |
| | 2A-4 | 0 | 0% | 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.031 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0507 | 0.07 | 2A-4 |
| | 2L-1 | 89.7 | Lodos | 2 | 0.0010 | 0.0005 | 0.110 | 0.031 | 0.017 | 0.3259 | 9611 | 0.0507 | 0.07 | 2L-1 |
| | 2L-2 | 89.7 | Lodos | 2 | 0.0010 | 0.0005 | 0.110 | 0.031 | 0.017 | 0.3259 | 9611 | 0.0507 | 0.07 | 2L-2 |
| | 2L-3 | 89.7 | Lodos | 2 | 0.0010 | 0.0005 | 0.110 | 0.031 | 0.017 | 0.3259 | 9611 | 0.0507 | 0.07 | 2L-3 |
| | 2L-4 | 0 | Lodos | 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.031 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0507 | 0.07 | 2L-4 |
| | 2B-1 | 356 | 33% | 2 | 0.0041 | 0.0021 | 0.110 | 0.031 | 0.066 | 0.8170 | 24092 | 0.0507 | 0.07 | 2B-1 |
| | 2B-2 | 356 | 33% | 2 | 0.0041 | 0.0021 | 0.110 | 0.031 | 0.066 | 0.8170 | 24092 | 0.0507 | 0.07 | 2B-2 |
| | 2B-3 | 356 | 33% | 2 | 0.0041 | 0.0021 | 0.110 | 0.031 | 0.066 | 0.8170 | 24092 | 0.0507 | 0.07 | 2B-3 |
| | 2B-4 | 0 | 0% | 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.031 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0507 | 0.07 | 2B-4 |
| | 2B-T | 1068 | 100% | 2 | 0.0124 | 0.0062 | 0.110 | 0.031 | 0.199 | 1.6994 | 50113 | 0.0507 | 0.07 | 2B-T |
| frijoles | Seccion | Caudal que pasa | Fraccion | v adoptada (m/s) | Qdiseño | Amojada | D adoptado (m) | Perimetro mojad Rh | v con manning | | | | Seccion | |
| | 1D-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 | 1D-C |
| | 1D-G | 1242 | 100% | 3 | 0.0144 | 0.0048 | 0.110 | 0.049 | 0.097 | 1.0508 | 49409 | 0.0318 | 0.058 | 1D-G |
| | 2A-C | 555 | 0% | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.110 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 2A-C |
| | 2A-C-R | 329 | 0% | 2.5 | 0.0038 | 0.0015 | 0.110 | 0.049 | 0.031 | 0.4894 | 23013 | 0.0318 | 0.058 | 2A-C-R |
| | 2A-G | 1242 | 100% | 3 | 0.0144 | 0.0048 | 0.110 | 0.049 | 0.097 | 1.0508 | 49409 | 0.0318 | 0.058 | 2A-G |
| | 2A-G-R | 741 | Recirculacion | 3 | 0.0086 | 0.0029 | 0.110 | 0.049 | 0.058 | 0.7447 | 35016 | 0.0318 | 0.058 | 2A-G-R |
| | 2B-C | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2B-C |
| | 2B-LC | 14.8 | Lodos | 3 | 0.0002 | 0.0001 | 0.110 | 0.049 | 0.001 | 0.0548 | 2578 | 0.0318 | 0.058 | 2B-LC |
| | 2B-G | 0 | 100% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2B-G |
| | 2B-LG | 30.1 | Lodos | 3 | 0.0003 | 0.0001 | 0.110 | 0.049 | 0.002 | 0.0880 | 4138 | 0.0318 | 0.058 | 2B-LG |
| | 2C-C | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2C-C |
| | 2C-C-R | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2C-C-R |
| | 2C-LC | 0 | Lodos | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2C-LC |
| | 2C-G | 0 | 100% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2C-G |
| | 2C-G-R | 0 | Recirculacion | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2C-G-R |
| | 2C-LG | 0 | Lodos | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2C-LG |
| | 2D-C | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2D-C |
| | 2D-G | 0 | 100% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2D-G |
| | 2D-T | 0 | 100% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 | 2D-T |
| | Bypass C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 | Bypass C |
| | Bypass G | 1242 | 0% | 3 | 0.0144 | 0.0048 | 0.110 | 0.049 | 0.097 | 1.0508 | 49409 | 0.0318 | 0.058 | Bypass G |
| | 1D-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.031 | 0.104 | 1.0985 | 32391 | 0.0507 | 0.07 | 1D-C |
| | 1D-G | 1242 | 100% | 2 | 0.0144 | 0.0072 | 0.110 | 0.031 | 0.232 | 1.8793 | 55418 | 0.0507 | 0.07 | 1D-G |
| | 2A-1 | 449.25 | 33% | 2 | 0.0052 | 0.0026 | 0.110 | 0.031 | 0.084 | 0.9541 | 28134 | 0.0507 | 0.07 | 2A-1 |
| | 2A-2 | 449.25 | 33% | 2 | 0.0052 | 0.0026 | 0.110 | 0.031 | 0.084 | 0.9541 | 28134 | 0.0507 | 0.07 | 2A-2 |
| | 2A-3 | 449.25 | 33% | 2 | 0.0052 | 0.0026 | 0.110 | 0.031 | 0.084 | 0.9541 | 28134 | 0.0507 | 0.07 | 2A-3 |
| | 2A-4 | 449.25 | 0% | 2 | 0.0052 | 0.0026 | 0.110 | 0.031 | 0.084 | 0.9541 | 28134 | 0.0507 | 0.07 | 2A-4 |
| | 2L-1 | 90.2 | Lodos | 2 | 0.0010 | 0.0005 | 0.110 | 0.031 | 0.017 | 0.3271 | 9647 | 0.0507 | 0.07 | 2L-1 |
| | 2L-2 | 90.2 | Lodos | 2 | 0.0010 | 0.0005 | 0.110 | 0.031 | 0.017 | 0.3271 | 9647 | 0.0507 | 0.07 | 2L-2 |
| | 2L-3 | 90.2 | Lodos | 2 | 0.0010 | 0.0005 | 0.110 | 0.031 | 0.017 | 0.3271 | 9647 | 0.0507 | 0.07 | 2L-3 |
| | 2L-4 | 90.2 | Lodos | 2 | 0.0010 | 0.0005 | 0.110 | 0.031 | 0.017 | 0.3271 | 9647 | 0.0507 | 0.07 | 2L-4 |
| | 2B-1 | 449.25 | 33% | 2 | 0.0052 | 0.0026 | 0.110 | 0.031 | 0.084 | 0.9541 | 28134 | 0.0507 | 0.07 | 2B-1 |
| | 2B-2 | 449.25 | 33% | 2 | 0.0052 | 0.0026 | 0.110 | 0.031 | 0.084 | 0.9541 | 28134 | 0.0507 | 0.07 | 2B-2 |
| | 2B-3 | 449.25 | 33% | 2 | 0.0052 | 0.0026 | 0.110 | 0.031 | 0.084 | 0.9541 | 28134 | 0.0507 | 0.07 | 2B-3 |
| | 2B-4 | 449.25 | 0% | 2 | 0.0052 | 0.0026 | 0.110 | 0.031 | 0.084 | 0.9541 | 28134 | 0.0507 | 0.07 | 2B-4 |
| | 2B-T | 1797 | 100% | 2 | 0.0208 | 0.0104 | 0.110 | 0.031 | 0.335 | 2.4041 | 70892 | 0.0507 | 0.07 | 2B-T |
| garbanzos | Seccion | Caudal que pasa | Fraccion | v adoptada (m/s) | Qdiseño | Amojada | D adoptado (m) | Perimetro mojad Rh | v con manning | | | | Seccion | |
| | 1D-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 | 1D-C |
| | 1D-G | 1283 | 100% | 3 | 0.0148 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0738 | 50490 | 0.0318 | 0.058 | 1D-G |
| | 2A-C | 555 | 0% | 2.5 | 0.0064 | 0.0026 | 0.110 | 0.049 | 0.052 | 0.6936 | 32612 | 0.0318 | 0.058 | 2A-C |
| | 2A-C-R | 180.9 | 0% | 2.5 | 0.0021 | 0.0008 | 0.110 | 0.049 | 0.017 | 0.3285 | 15446 | 0.0318 | 0.058 | 2A-C-R |
| | 2A-G | 1283 | 100% | 3 | 0.0148 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0738 | 50490 | 0.0318 | 0.058 | 2A-G |
| | 2A-G-R | 441 | Recirculacion | 3 | 0.0051 | 0.0017 | 0.110 | 0.049 | 0.034 | 0.5269 | 24775 | 0.0318 | 0.058 | 2A-G-R |
| | 2B-C | 555 | 0% | 3 | 0.0064 | 0.0021 | 0.110 | 0.049 | 0.043 | 0.6142 | 28879 | 0.0318 | 0.058 | 2B-C |
| | 2B-LC | 10.53 | Lodos | 3 | 0.0001 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.001 | 0.0437 | 2054 | 0.0318 | 0.058 | 2B-LC |
| | 2B-G | 1283 | 100% | 3 | 0.0148 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0738 | 50490 | 0.0318 | 0.058 | 2B-G |
| | 2B-LG | 229.3 | Lodos | 3 | 0.0027 | 0.0009 | 0.110 | 0.049 | 0.018 | 0.3407 | 16020 | 0.0318 | 0.058 | 2B-LG |
| | 2C-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 | 2C-C |
| | 2C-C-R | 336 | 0% | 3 | 0.0039 | 0.0013 | 0.110 | 0.049 | 0.026 | 0.4395 | 20667 | 0.0318 | 0.058 | 2C-C-R |
| | 2C-LC | 10.3 | Lodos | 3 | 0.0001 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.001 | 0.0431 | 2024 | 0.0318 | 0.058 | 2C-LC |
| | 2C-G | 1283 | 100% | 3 | 0.0148 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0738 | 50490 | 0.0318 | 0.058 | 2C-G |
| | 2C-G-R | 746 | Recirculacion | 3 | 0.0086 | 0.0029 | 0.110 | 0.049 | 0.058 | 0.7480 | 35173 | 0.0318 | 0.058 | 2C-G-R |
| | 2C-LG | 42.9 | Lodos | 3 | 0.0005 | 0.0002 | 0.110 | 0.049 | 0.003 | 0.1114 | 5240 | 0.0318 | 0.058 | 2C-LG |
| | 2D-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 | 2D-C |
| | 2D-G | 1283 | 100% | 3 | 0.0148 | 0.0049 | 0.110 | 0.049 | 0.100 | 1.0738 | 50490 | 0.0318 | 0.058 | 2D-G |
| | 2D-T | 1838 | 100% | 3 | 0.0213 | 0.0071 | 0.110 | 0.049 | 0.143 | 1.3646 | 64163 | 0.0318 | 0.058 | 2D-T |
| | Bypass C | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0. | | | | | |

Anexo 2: Cálculo de conducciones

| salsifi | Seccion | Caudal que pasa | Fraccion | v adoptada (m/s) | Qdiseño | Amojada | D adoptado (m) | Perimetro mojad Rh | v con manning | | | | Seccion |
|---------|----------|-----------------|---------------|------------------|---------|---------|----------------|--------------------|---------------|--------|-------|--------|----------------|
| | 1D-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 1D-C |
| | 1D-G | 0 | 100% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 1D-G |
| | 2A-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 2A-C |
| | 2A-C-R | 91 | 0% | 2 | 0.0011 | 0.0005 | 0.110 | 0.049 | 0.011 | 0.2411 | 11336 | 0.0318 | 0.058 2A-C-R |
| | 2A-G | 0 | 100% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 2A-G |
| | 2A-G-R | 0 | Recirculacion | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 2A-G-R |
| | 2B-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 2B-C |
| | 2B-LC | 160.2 | | 3 | 0.0019 | 0.0006 | 0.110 | 0.049 | 0.013 | 0.2682 | 12613 | 0.0318 | 0.058 2B-LC |
| | 2B-G | 0 | 100% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 2B-G |
| | 2B-LG | 0 | | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 2B-LG |
| | 2C-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 2C-C |
| | 2C-C-R | 306 | 0% | 3 | 0.0035 | 0.0012 | 0.110 | 0.049 | 0.024 | 0.4130 | 19418 | 0.0318 | 0.058 2C-C-R |
| | 2C-LC | 28.8 | | 3 | 0.0003 | 0.0001 | 0.110 | 0.049 | 0.002 | 0.0854 | 4018 | 0.0318 | 0.058 2C-LC |
| | 2C-G | 0 | 100% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 2C-G |
| | 2C-G-R | 0 | Recirculacion | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 2C-G-R |
| | 2C-LG | 0 | | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 2C-LG |
| | 2D-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 2D-C |
| | 2D-G | 0 | 100% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 2D-G |
| | 2D-T | 555 | 100% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.049 | 0.065 | 0.8048 | 37842 | 0.0318 | 0.058 2D-T |
| | Bypass C | 0 | 0% | 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 Bypass C |
| | Bypass G | 0 | 0% | 3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.049 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0318 | 0.058 Bypass G |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | 1D-C | 555 | 0% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.031 | 0.104 | 1.0985 | 32391 | 0.0507 | 0.07 1D-C |
| | 1D-G | 0 | 100% | 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.031 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0507 | 0.07 1D-G |
| | 2A-1 | 185 | 33% | 2 | 0.0021 | 0.0011 | 0.110 | 0.031 | 0.035 | 0.6818 | 20104 | 0.0507 | 0.07 2A-1 |
| | 2A-2 | 185 | 33% | 2 | 0.0021 | 0.0011 | 0.110 | 0.031 | 0.035 | 0.6818 | 20104 | 0.0507 | 0.07 2A-2 |
| | 2A-3 | 185 | 33% | 2 | 0.0021 | 0.0011 | 0.110 | 0.031 | 0.035 | 0.6818 | 20104 | 0.0507 | 0.07 2A-3 |
| | 2A-4 | 0 | 0% | 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.031 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0507 | 0.07 2A-4 |
| | 2L-1 | 67 | Lodos | 2 | 0.0008 | 0.0004 | 0.110 | 0.031 | 0.013 | 0.2683 | 7912 | 0.0507 | 0.07 2L-1 |
| | 2L-2 | 67 | Lodos | 2 | 0.0008 | 0.0004 | 0.110 | 0.031 | 0.013 | 0.2683 | 7912 | 0.0507 | 0.07 2L-2 |
| | 2L-3 | 67 | Lodos | 2 | 0.0008 | 0.0004 | 0.110 | 0.031 | 0.013 | 0.2683 | 7912 | 0.0507 | 0.07 2L-3 |
| | 2L-4 | 0 | 0% | 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.031 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0507 | 0.07 2L-4 |
| | 2B-1 | 185 | 33% | 2 | 0.0021 | 0.0011 | 0.110 | 0.031 | 0.035 | 0.6818 | 20104 | 0.0507 | 0.07 2B-1 |
| | 2B-2 | 185 | 33% | 2 | 0.0021 | 0.0011 | 0.110 | 0.031 | 0.035 | 0.6818 | 20104 | 0.0507 | 0.07 2B-2 |
| | 2B-3 | 185 | 33% | 2 | 0.0021 | 0.0011 | 0.110 | 0.031 | 0.035 | 0.6818 | 20104 | 0.0507 | 0.07 2B-3 |
| | 2B-4 | 0 | 0% | 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.110 | 0.031 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 0.0507 | 0.07 2B-4 |
| | 2B-T | 555 | 100% | 2 | 0.0064 | 0.0032 | 0.110 | 0.031 | 0.104 | 1.0985 | 32391 | 0.0507 | 0.07 2B-T |

Anexo 3: Diagrama de Moody.



Anexo 4:

Costos demolicion edificios preexistentes.

| Código | Unidad | Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo parcial |
|-------------|--------|---|----------|----------------|---------------|
| 1 | | Equipo | | | |
| mqp1exn050c | h | Retroexcavadora sobre neumáticos, de 65 KW, con martillo rompedor | 0,453 | 902,39 | 406,76 |
| mqp0soo010 | h | Equipo de excorte, con acetileno como combustible y oxigeno como comburente | 0,272 | 102,35 | 27,04 |
| | | Subtotal equipo: | | | 436,62 |
| 2 | | Mano de obra | | | |
| mot12 | h | Ayudante general de construcción | 0,462 | 146,10 | 71,38 |
| mo019 | h | Oficial soldador | 0,289 | 258,54 | 80,27 |
| mot13 | h | Ayudante de albañil | 0,723 | 145,09 | 104,67 |
| | | Subtotal mano de obra: | | | 236,52 |
| 3 | % | Herramientas | | | |
| | | Herramientas | 2,000 | 673,14 | 1346 |
| | | Costos directos (1+2+3): | | | 686,60 |

Costos excavación:

| Descompuesto | Ud | Descomposición | Rend. | p.s. | Precio partida |
|--------------|----|--|-------|--------|----------------|
| mqp1exn020b | h | Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos 100 CV | 0,383 | 234,47 | 89,90 |
| mo104 | h | Peón albañil | 0,268 | 26,84 | 7,73 |
| | % | Medios auxiliares | 2,000 | 97,53 | 1,95 |
| | % | Costos indirectos | 3,000 | 99,46 | 2,98 |
| | | Total | | | 102,46 |

Costos hormigon armado:

Proyecto final : Diseño de planta de tratamiento de efluentes para una industria productora de conservas en el partido de San Miguel
Autor: Lucas Klug ; Legajo N°6202
Buenos Aires - 2018

| Código | Unidad | Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo parcial |
|-----------------------|--------|---|----------|-----------------------------------|-----------------|
| 1 Materiales | | | | | |
| mt06e030a | m² | Tablero de madera tratada de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles | 0.192 | 320.04 | 62.38 |
| mt06eva030 | m² | Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: soportadas metálicas y accesorios de montaje. | 0.032 | 743.57 | 23.79 |
| mt05osp061a | Ud | Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura. | 0.111 | 116.96 | 12.58 |
| mt08cm030b | m³ | Madera de pino. | 0.013 | 2.083.40 | 27.08 |
| mt08va060 | kg | Puntas de acero de 20x100 mm. | 0.167 | 61.23 | 10.23 |
| mt08du010b | l | Agente desmoldante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, férricos o de madera | 0.125 | 17.31 | 2.16 |
| mt07aco020c | Ud | Separador homologado para vigas. | 4.000 | 0.63 | 2.52 |
| mt07aco090b | kg | Acero en barras nervuradas, ADN 420, de varios diámetros, según IRAM-IAS U 500-528. | 157.000 | 23.79 | 3.746.90 |
| mt06var050 | kg | Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro. | 1.650 | 9.62 | 15.87 |
| mt10u071atc | m³ | Hormigón H-21, condición de exposición no agresiva, tamaño máximo del agregado 19 mm, ámbito de consistencia A-3, elaborado, según CIRSOC 201 1962. | 1.050 | 2.080.18 | 2.184.19 |
| | | | | Subtotal materiales: | 6.088.93 |
| 2 Equipo | | | | | |
| mq02b010 | h | Camión bomba estacionado en obra, para bombeo de hormigón. Incluso parte proporcional de desplazamiento. | 0.148 | 2.361.95 | 348.57 |
| | | | | Subtotal equipo: | 348.57 |
| 3 Mano de obra | | | | | |
| mo044 | h | Oficial armador de encofrados. | 2.257 | 215.56 | 486.52 |
| mo091 | h | Medio oficial armador de encofrados. | 2.257 | 158.87 | 358.57 |
| mo043 | h | Oficial armador de hierro. | 1.560 | 215.56 | 336.27 |
| mo090 | h | Medio oficial armador de hierro. | 1.560 | 158.87 | 248.49 |
| mo045 | h | Oficial armador en hormigón. | 0.760 | 215.56 | 163.03 |
| mo092 | h | Medio oficial armador en hormigón. | 0.363 | 158.87 | 57.67 |
| | | | | Subtotal mano de obra: | 1.627.35 |
| 4 Herramientas | | | | | |
| | | | | Herramientas | 2.000 |
| | | | | Costos directos (1+2+3+4): | 8.125,17 |

Costo ladrillos comunes:

| Código | Unidad | Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo parcial |
|-----------------------|--------|-----------------------------------|----------|-------------------------------|---------------|
| 1 Mano de obra | | | | | |
| mo112 | h | Ayudante general de construcción. | 1.606 | 148.10 | 237.85 |
| mo113 | h | Ayudante de albañil. | 1.606 | 145.09 | 232.95 |
| | | | | Subtotal mano de obra: | 470.80 |
| 2 Herramientas | | | | | |
| | | | | Herramientas | 2.000 |
| | | | | Costos directos (1+2): | 472.80 |

Costo aislación sonora:

| Descomposición | Ud | Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo parcial |
|----------------|----|--|----------|-------------------------------|---------------|
| mt22par120a | m² | Panel acústico autoportante de lana mineral, compuesto por módulos de 1200x600x60 mm, revestido por las dos caras con un complejo Kraft-Alumina. Euroclase A2-s1, d0 de reacción al fuego. | 1.050 | 295.54 | 308.54 |
| mt42con020 | m | Cinta autoadhesiva en plásticos, entre la losa y la divisoria. | 1.500 | 2.43 | 3.65 |
| mo054 | h | Oficial montador de aislantes. | 0.884 | 55.23 | 48.81 |
| mo101 | h | Medio oficial montador de aislantes. | 0.884 | 37.94 | 33.46 |
| | | | | Subtotal mano de obra: | 82.27 |
| | | | | Herramientas | 2.000 |
| | | | | Costos indirectos | 3.000 |
| | | | | Total | 384.05 |

Costo roveque impermeable de cemento

| Código | Unidad | Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo parcial |
|-----------------------|--------|--|----------|---------------------------------|---------------|
| 1 Materiales | | | | | |
| mt05aaa010a | m³ | Agua | 0.005 | 13.12 | 0.07 |
| mt05m020a | t | Mortero industrial para roveque y roveque fino de uso corriente, de cemento, resistencia a compresión de 1,5 a 5 N/mm², suministrado en sacos. | 0.023 | 362.94 | 8.40 |
| | | | | Subtotal materiales: | 8.47 |
| 2 Mano de obra | | | | | |
| mo020 | h | Oficial albañil. | 0.488 | 205.27 | 99.76 |
| mo113 | h | Ayudante de albañil. | 0.488 | 145.05 | 70.61 |
| | | | | Subtotal mano de obra: | 170.37 |
| 3 Herramientas | | | | | |
| | | | | Herramientas | 2.000 |
| | | | | Costos directos (1+2+3): | 178.84 |

Costo carpintería de madera:

| Código | Unidad | Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo parcial |
|-----------------------|--------|---|----------|---------------------------------|-----------------|
| 1 Materiales | | | | | |
| mt22ram100aa | Ud | Fremado de aluminio para carpintería de madera de 600x600 mm. | 1.000 | 215.74 | 215.74 |
| mt22rom010aa | Ud | Verdaba de madera de pino, una hoja oscilante, dimensiones 600x600 mm, acabado mediante sistema de barnizado translucido, compuesta de hoja de 68x76 mm y marco de 68x76 mm, moldura clásica, tiriquillos, lapiguinas de madera maciza de 70x15 mm y bota-aguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera, doble junta perimetral de estanqueidad de goma de caucho termoplástica, con capacidad para recibir un acostalamiento con un espesor mínimo de 21 mm y máximo de 32 mm, coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo U _{tr,m} = 1,43 W/(m²K), con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, clasificación a la estanqueidad al agua clase E1200, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5; herraje perimetral de acero y seguridad con, apertura mediante falanca de palanca, manilla en colores estándares y apertura de microventilación. | 1.000 | 3.435.60 | 3.435.60 |
| mt23xpm015a | Ud | Tornillo de acero galvanizado de cabeza cilíndrica, de 6 mm de diámetro y 15 cm de longitud. | 6.000 | 2.58 | 15.48 |
| mt13bw110a | Ud | Aerosol de 750 cm³ de espuma de poliuretano, de 22.5 kg/m³ de densidad, 140% de expansión, 18 N/cm² de resistencia a tracción y 20 N/cm² de resistencia a flexión, conductividad térmica 0.04 W/(mK), estable de -40°C a 100°C, para aplicar con pistola. | 0.100 | 71.12 | 7.11 |
| mt22wvw020 | m | Cinta autoadhesiva, impermeable al vapor de agua, de 70 mm de ancho, compuesta por una película de polietileno laminado sobre una banda de fieltro, suministrada en rollos de 25 m de longitud. | 2.460 | 8.59 | 21.13 |
| mt22wvw010b | Ud | Cartucho de 290 ml de sellador adhesivo monocomponente, neutro, superelástico, a base de polímero MS, con resistencia a la intemperie y a los rayos UV, elongación hasta rotura 750%. | 0.100 | 48.94 | 4.89 |
| | | | | Subtotal materiales: | 3.699.95 |
| 2 Mano de obra | | | | | |
| mo017 | h | Oficial carpintero. | 1.054 | 209.01 | 220.30 |
| mo058 | h | Medio oficial carpintero. | 1.054 | 152.52 | 160.76 |
| | | | | Subtotal mano de obra: | 381.06 |
| 3 Herramientas | | | | | |
| | | | | Herramientas | 2.000 |
| | | | | Costos directos (1+2+3): | 4.162.63 |

Costo carpintería de hierro:

Bolardo fijo de hierro, cilíndrico, de 70 cm de altura y 20 cm de diámetro fijado a una superficie soporte (no incluida en este precio) con aglomerante hidráulico compuesto por cementos de alta resistencia y aditivos específicos, de fraguado rápido.

| Código | Unidad | Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo parcial |
|-----------------------|--------|---|----------|---------------------------------|-----------------|
| 1 Materiales | | | | | |
| mt02m0300 | Ud | Bolardo fijo cilíndrico, de 70 cm de altura y 20 cm de diámetro de hierro con imprimación epoxi y pintura de poliéster en polvo color negro forja, incluso pernos de anclaje. | 1.000 | 1.795.51 | 1.795.51 |
| mt05am010a | kg | Aglomerante hidráulico compuesto por cementos de alta resistencia y aditivos específicos, de fraguado rápido. | 0.200 | 4.90 | 0.98 |
| | | | | Subtotal materiales: | 1.796.49 |
| 2 Mano de obra | | | | | |
| mo041 | h | Oficial albañil de obra civil. | 0.461 | 205.27 | 94.63 |
| mo037 | h | Medio oficial albañil de obra civil. | 0.461 | 151.52 | 69.76 |
| | | | | Subtotal mano de obra: | 164.39 |
| 3 Herramientas | | | | | |
| | | | | Herramientas | 2.000 |
| | | | | Costos directos (1+2+3): | 2.060.10 |

Costo tendido eléctrico:

| Código | Unidad | Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo parcial |
|--|--------|---|----------|----------------|---------------|
| 1 Materiales | | | | | |
| m235cu010e1 | m | Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,611 KV, reacción al fuego clase Cca-s1b-d1 a1 según UNE-EN 50975, con conductor de cobre clase 5 (K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y techo de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). | 4,000 | 32,64 | 130,56 |
| m235aw010 | UD | Materiales auxiliares para instalaciones eléctricas. | 0,100 | 49,16 | 4,92 |
| Subtotal materiales: | | | | | 135,48 |
| 2 Mano de obra | | | | | |
| m0003 | h | Oficial electricista | 0,048 | 212,17 | 9,76 |
| m0102 | h | Medio oficial electricista | 0,048 | 151,04 | 7,25 |
| Subtotal mano de obra: | | | | | 16,71 |
| 3 Herramientas | | | | | |
| Herramientas | | | | | |
| Coste de mantenimiento decenal: \$ 7,76 en los primeros 10 años. | | | | | 3,04 |
| Costos directos (1+2+3): | | | | | 155,23 |

Costo Pavimento caminos:

| Descomposición | Ud | Descomposición | Ud | Precio unitario | Precio análisis | |
|--|----|---|-------|-----------------|-----------------|-------|
| m47aa020aa | t | Mezcla bituminosa continua en caliente AC16 surf D, para capa de rodadura, de composición dorsal, con agregado granítico de 16 mm de tamaño máximo y betún asfáltico de penetración | 0,115 | 341,83 | 39,31 | |
| m111ex030 | h | Extensora eléctrica de cadenas, de 611 kW. | 0,001 | 326,93 | 0,33 | |
| m120cro10a | h | Roller vibrante tandem autopropulsado, de 24,8 kW, de 2450 kg, ancho de trabajo 100 cm | 0,001 | 129,79 | 0,13 | |
| m111com010 | h | Compactador de neumáticos autopropulsado, de 12/22 t. | 0,001 | 455,61 | 0,45 | |
| m0011 | h | Oficial albañil de obra civil | 0,002 | 51,52 | 0,10 | |
| m0057 | h | Medio oficial albañil de obra civil | 0,011 | 37,94 | 0,42 | |
| % Medios auxiliares | | | | | 2,000 | 41,05 |
| % Costos indirectos | | | | | 3,000 | 41,87 |
| Coste de mantenimiento decenal: \$ 6,04 en los primeros 10 años. | | | | | | |
| Total: | | | | | 43,13 | |

Costo carpintería de acero inoxidable:

| Descomposición | Ud | Descomposición | Ud | Precio unitario | Precio análisis | |
|--|----|---|-------|-----------------|-----------------|----------|
| m25fem010 | m | Pre-marco para carpintería exterior de aluminio, incluso parte proporcional de elaboración en taller | 9,400 | 17,25 | 162,15 | |
| m25fem020 | m | Carpintería de aluminio lacado color blanco en cerramiento de fachada compuesto por dos hojas centrales formadas por una parte fija y una parte practicable y dos hojas laterales fijas, gama básica, con clasificación a la permeabilidad al aire, a la estanqueidad al agua y a la resistencia al viento, marca de calidad QUALICOAT. Incluso parte proporcional de kit de herrajes de copiar, juntas de acristalamiento de EPDM, tornillería de acero inoxidable, elementos de estanqueidad, accesorios, unidades de mocanizado homólogo y elaboración en taller | 5,400 | 576,57 | 3.159,54 | |
| m25fem010 | UD | Contacto de masilla de silicona negra. | 0,162 | 26,59 | 4,32 | |
| m0017 | h | Oficial herrero | 0,950 | 62,79 | 59,69 | |
| m0057 | h | Medio oficial herrero | 0,817 | 43,52 | 35,56 | |
| % Medios auxiliares | | | | | 2,000 | 3.421,52 |
| % Costos indirectos | | | | | 3,000 | 3.489,95 |
| Coste de mantenimiento decenal: \$ 503,25 en los primeros 10 años. | | | | | | |
| Total: | | | | | 3.984,65 | |



SBR mechanical rotary decanter for sewage/waste water treatment system

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

US \$1,000 / Sets | 1 Set/Sets (Min. Order)

Contact Supplier

Leave Messages

Payment: [VISA](#) [Master](#) [TT](#) [e-Checking](#) [Pay Later](#) [More](#)

Shipping: Alibaba.com Ocean Shipping Service from China to U.S
[Get shipping quote](#)

View larger image



Full bridge sludge scraper used in secondary sedimentation tank

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

US \$10,000 / Sets | 1 Set/Sets (Min. Order)

Contact Supplier

Chat Now!

Payment: [VISA](#) [Master](#) [TT](#) [e-Checking](#) [Pay Later](#) [More](#)

Shipping: Alibaba.com Ocean Shipping Service from China to U.S
[Get shipping quote](#)

View larger image





Usado
Soplador De Aire Repicky 30hp

\$ 91.000

Pagá en hasta 12 cuotas
VISA
Mas información

Envío a todo el país
Conozcá los tiempos y las formas de envío.
Calcular costos

¡Único disponible!

Comprar ahora Agregar al carrito

Compra Protegida, recibí el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.



Nuevo - 7 vendidos
Bomba Sumergible Grundfos Mk 4d-13 De 1.5hp, 220v C/ Tablero

\$ 36.526

Pagá en 6 cuotas sin interés
VISA
Mas información

Entrega a acordar con el vendedor
San Juan
Ver costos de envío

Cantidad: 1 unidad (8 disponibles)

Comprar ahora

Compra Protegida, recibí el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero.

Sumás 1826 Mercado Puntos.

Multi-funciones del proveedor

trustworthy tumbler screener sieving water treatment sand filter

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

>1 Sets
US \$4500.00

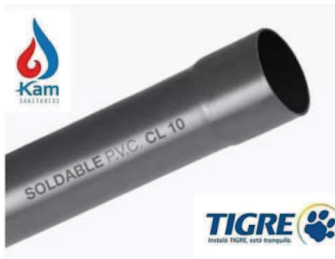
Contact Supplier

Leave Messages

Seller Support: **Trade Assurance** - To protect your orders from payment to delivery

Payment: VISA TT e-Checking Pay Later More

Shipping: Alibaba.com Ocean Shipping Service from China to U.S.
Get shipping quote



Nuevo
Caño Pvc Soldable 50x6mts Tigre Clase 10 Riego -zona Sur

\$ 526⁴⁰

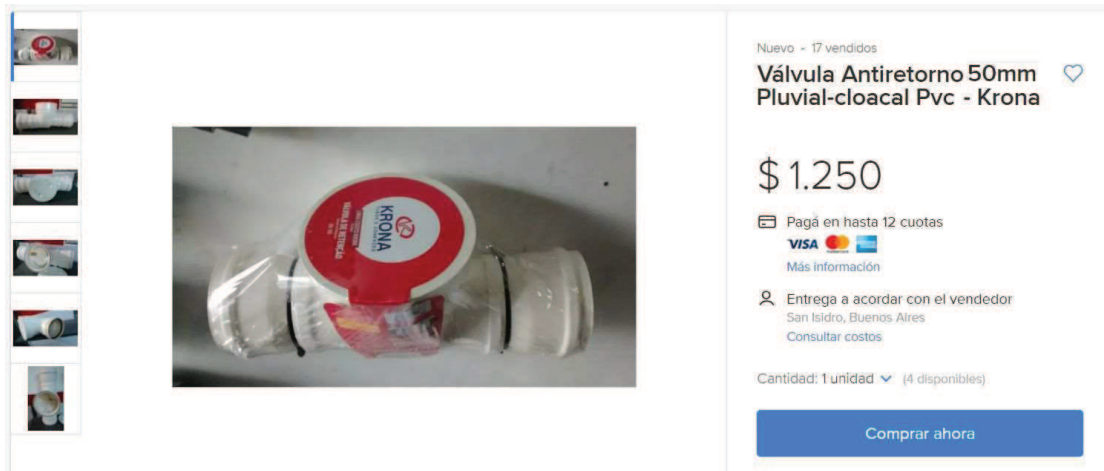
Pagá en hasta 12 cuotas
VISA
Mas información


Entrega a acordar con el vendedor
Florencio Varela, Buenos Aires
Consultar costos

¡Único disponible!

Comprar ahora

Compra Protegida, recibí el producto que esperabas



| Product | Price | Quantity | Total |
|--|---------|----------|---------|
|  Venturi 50mm PVC Black | R160.00 | 1 | R160.00 |

[Update Basket](#) [Proceed to Checkout](#)






UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL

3iA

Proyecto final : Diseño de planta de tratamiento de efluentes para una industria productora de conservas en el partido de San Miguel

Autor: Lucas Klug ; Legajo N°6202

Buenos Aires - 2018



El precio corresponde a tienda **Sodimac Homecenter Carrillos**.
El precio puede cambiar al modificar la ciudad de despacho o retiro.

\$ 700 C/U
Acumulas: 4 CMR Puntos

Cantidad: 1
+ -
[Agregar al carrito](#) [Agregar a mi lista](#)

Calcula el valor de tu cuota CMR
Costo Total Crédito: \$700
CAE: 0.00%

| N° de cuotas | Valor cuotas |
|--------------|--------------|
| 1 | \$ 700 |

Disponibilidad y métodos de entrega

- Disponible para despacho a domicilio [Simular costo de despacho](#)
- Disponible para retiro en tu tienda seleccionada: [Ver tiendas disponibles](#)
- Stock disponible en tiendas [Ver stock](#)

Imagen