



PROVINCIA DEL NEUQUÉN



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

**ADECUACIÓN SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE EFLUENTES**

MATADERO ALUMINÉ

INFORME FINAL

TOMO 1

ABRIL 2024

Mg. Ing. Andrea Pojmaevich



**CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES**

SECRETARIO GENERAL DEL CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

LIC. IGNACIO LAMOTHE



PROVINCIA DEL NEUQUÉN

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN

CR. ROLANDO FIGUEROA



SECRETARIA DE PLANIFICACIÓN Y VINCULACIÓN INSTITUCIONAL

LIC. LETICIA ESTEVES

ORGANISMO CONTRAPARTE PROVINCIAL

SECRETARÍA DE PRODUCCIÓN E INDUSTRIA

MUNICIPALIDAD DE ALUMINÉ

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	5
1. CONFECCIÓN DEL ANTEPROYECTO LICITATORIO.....	6
1.1 Diseño del sistema de tratamiento de efluentes:.....	6
1.2 Planos civiles e hidráulicos:	6
1.3 Proyecto eléctrico:.....	7
1.4 Proyecto de riego:	7
1.5 Cómputo y presupuesto de materiales:.....	7

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Documento sobre “Sistema de Tratamiento de Efluentes Líquidos Industriales”.

Visado por parte del colegio de ingenieros.

Anexo incluidos en el documento “Sistema de Tratamiento de Efluentes Líquidos Industriales”.

- Anexo 1: Resultados de laboratorio
- Anexo 2: Plano del sistema de tratamiento de efluentes.
- Anexo 3: Proyecto de Riego.
- Anexo 4: Ficha técnica difusor.
- Anexo 5: Ficha técnica soplador.
- Anexo 6: Cálculos complementarios
- Anexo 7: Cálculo de perfil hidráulico.
- Anexo 8: Proyecto eléctrico.

Anexo B: Cómputo y presupuesto de materiales, archivo en Excel.

ÍNDICE DE PLANOS (Anexo 2)

- PL-001: Plano general planta
- PL-002: Vista en corte
- PL-003: TK1-Pulmón
- PL-004: TK2-Anóxico
- PL-005: TK3-Aeróbico
- PL-006: Decantador
- PL-007: Espesador
- PL-008: TK4-Digestor
- PL-009: Plano Planta + Riego
- PL-010: Perfil hidráulico
- PL-011: Planta de techos
- PL-012: Sopladores por etapa
- PL-013: Esquema Trifilar de Potencia (Etapa 1)
- PL-014: Esquema Trifilar de Potencia Aux y Etapa 2
- PL-015: Esquema Trifilar de Potencia Comando
- PL-016: Puesta a Tierra
- PL-017: Iluminación y tomas
- PL-018: Lay-Out cableado de potencia (Etapa 1)
- PL-019: Lay-Out cableado de potencia (Etapa 2)

INTRODUCCIÓN

El presente informe es elaborado en el marco del proyecto denominado “Anteproyecto adecuación sistema tratamiento de efluentes matadero Aluminé” según expediente de CFI N° EX-2024-00047300- -CFI-GES#DC.

El Matadero Municipal de Aluminé, con tránsito provincial, se encuentra ubicado en la Localidad de Aluminé, cabecera del departamento homónimo, de la Provincia de Neuquén, en calle Ruta 18 s/n, bajo nomenclatura catastral N° 122007546270000, Lote G6 parte cuarto remanente Lote 12 sección C zona Andina, con una superficie de terreno aproximado de 4,86 ha, de los cuales 126 m² están destinados a corrales, 257 m² aproximadamente, destinado al establecimiento.

El Matadero Municipal de Aluminé, que originalmente era de tipo rural, formó parte del programa provincial de readecuación de Mataderos, “Desarrollo Pecuario y Comercial para la Provincia de Neuquén”, donde se realizaron remodelaciones tendientes a ampliar su capacidad productiva, y pasar a tránsito de tipo Provincial, según las denominaciones estipuladas por SENASA en su decreto 4238/68, de la Ley N° 17.160, modificatoria del artículo 10 de la Ley 3959 de Policía Sanitaria Animal.

En el marco del programa provincial se realizaron las obras necesarias para lograr la habilitación del matadero provincial, tanto en lo que refiere a la playa de faena como a la planta de tratamiento de efluentes. Esta última, si bien fue construida, nunca se pudo poner en marcha.

1. CONFECCIÓN DEL ANTEPROYECTO LICITATORIO

Con el objeto de avanzar con la confección del anteproyecto licitatorio, de adecuación del Sistema de Tratamiento de Efluentes del Matadero de Aluminé, se realizó el diseño del sistema de tratamiento de efluentes, siguiendo los lineamientos indicados en disposición N° 439/17, capítulo II – Sección primaria de “Plantas de Tratamientos a Construir”, considerando que, si bien, se trata de una readecuación de planta, la mayoría de las instalaciones existentes deberán ser modificadas.

1.1 Diseño del sistema de tratamiento de efluentes:

Se propone para el tratamiento de los efluentes industriales y cloacales generados en el Matadero Municipal de Aluminé, un sistema de lodos activados, que permite cumplir con los parámetros de vertido y además, permite amortiguar las variaciones de temperatura propias del lugar.

En este sentido, se propone mantener el sistema primario instalado, es decir rejas de verdes, rejas de rojos, cámara desengrasadora y sistema cloacal, realizando las tareas de mantenimiento necesarias para que queden en condiciones óptimas.

Luego, para el diseño del sistema de tratamiento, se consideraron 2 etapas de obra, ya que, actualmente el caudal generado equivale el 7% del efluente que se generaría en condiciones de máxima operatividad. Tomando esto en consideración es que vemos necesario, realizar el cálculo para la mitad del caudal máximo, y una vez que operativamente sea necesario restaría duplicar la planta.

Se agrega en el anexo A, el documento del Diseño del sistema de tratamiento de efluentes, junto con sus anexos, en concordancia con lo indicado en la normativa.

1.2 Planos civiles e hidráulicos:

Se agrega en los anexos del documento de diseño, los planos en planta, en corte, tanto para la implantación general como para cada equipo. Además se adjunta el plano de perfil hidráulico. Anexo 2.

1.3 Proyecto eléctrico:

Se agrega en los anexos del documento de diseño, la memoria descriptiva, Lay-Out de tableros y esquemas unifilares de los tableros eléctricos, como así también, memoria de cálculo de cables y cargas. Anexo 8

1.4 Proyecto de riego:

Se agrega en los anexos del documento de diseño, el proyecto de riego, siguiendo los lineamientos establecidos por la Subsecretaría de Ambiente de la Provincia del Neuquén, según el documento, “Sistemas de Disposición Final de Efluentes Mediante Reuso para Riego”, Bases Metodológicas para su Diseño y Evaluación, elaborado por UNCO-ITAMA. E

Este contiene, memoria descriptiva y de diseño, justificación del sistema de riego seleccionado, diseño agronómico y diseño operativo. Anexo 3.

1.5 Cómputo y presupuesto de materiales:

Se adjunta en Anexo B, el cómputo y presupuesto de materiales, con valores expresados en dólares estadounidenses, separado por etapas 1 y 2, según se establece en el diseño del sistema de tratamiento de efluentes, objeto de este proyecto.

Documento:

Sistema de Tratamiento de Efluentes Líquidos Industriales

Proyecto:

Matadero Municipal de Aluminé

Para la elaboración del presente documento se tomó en consideración lo enunciado en la disposición N° 439/17 (enmendada por Disp. N° 576/17) Capítulo II – Sección primera de “Plantas de tratamiento de efluentes industriales a construir”

Fecha de informe: 03/04/2025

Documento elaborado por:

Mg. Ing. Andrea B. Pojmaevich

Master en Gestión Integrada: Prevención, Calidad y Medio Ambiente.

Ingeniera Química

Matrícula CINNQN ING 600

Matrícula Ambiental. RePPSA N° 458 (REGISTRO PROVINCIAL DE PRESTADORES DE SERVICIOS AMBIENTALES)

Teléfono: (0299)-156345502

E-mail: abpojmaevich@gmail.com; apojmaevich@sinneu.com

E-mail corporativo: contacto@sinneu.com

Sitio web: www.sinneu.com

Equipo de trabajo:

- Dra. Marcela Gatti.
- Ing. Agr. María Laura Tirri. (Ingeniera Agrónoma).
- Arq. Fernanda Adad.
- Ing. Omar Lebed.
- Ing. Martín Moreno

Índice

I. Breve descripción del proceso y su ubicación.	5
a) Datos de la empresa proponente:	5
a.1. Nombre de la Organización solicitante:	5
a.2. Descripción del establecimiento:	5
b) Descripción del lugar respecto del clima.	6
c) Descripción del lugar respecto suelo.	11
d) Programa de monitoreo del efluente y del suelo.	12
II. Memoria descriptiva.	12
a) Caracterización cualitativa y cuantitativa del efluente a tratar:	12
a.1. Caracterización típica del efluente:	12
a.2. Puntos de generación de los efluentes con destino a la planta de tratamiento de efluentes:	14
b) Descripción del sistema de tratamiento de efluentes:	16
c) Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de efluentes:	18
d) Tratamiento de lodos:	19
III. Memoria técnica	19
a) Períodos de diseño	19
a.1. Caudales	19
b) Dimensionamiento de las distintas etapas del sistema:	20
b.1. Tratamiento primario:	20
b.1.1. Línea de verdes.	20
b.1.1.1. Rejas de desbaste, línea de verdes:	20
b.1.2. Línea de rojos.	22
b.1.2.1. Rejas de desbaste línea de rojos:	22
b.1.2.2. Cámara desengrasadora:	23
b.1.3. Cámara de registro.	24
b.1.4. Tanque pulmón	25
b.2. Tratamiento secundario (biológico)	26
b.2.1. Cálculo del Reactor Aeróbico	26
b.2.1.1. Balance de sustrato:	29
b.2.1.2. Balance en microorganismos:	29
b.2.1.3. Producción de biomasa inerte:	31
b.2.1.4. Producción de fangos totales:	31
b.2.1.5. Relación de recirculación de fangos	33
b.2.2. Cálculo del reactor anóxico	34
b.2.2.1. Balance de sustrato:	34
b.2.2.2. Balance de nitrato:	34
b.2.2.3. Balance de microorganismos:	35
b.2.2.4. Agitación reactor anóxico	36
b.2.2.5. Cálculo de la aireación	39
b.2.2.5.1. Sistema de aireación reactor aeróbico	40
b.2.2.6. Aporte de Alcalinidad	43
b.2.2.7. Requisitos de nutrientes	44
b.2.3. Decantador Secundario	45

b.2.4.	Calidad del efluente de salida de la planta	48
b.2.5.	Espesador	49
b.2.6.	Digestor aeróbico	50
b.2.6.1.	Sistema de aireación digestor aeróbico	53
b.2.7.	Secado natural	56
b.2.8.	Desinfección con hipoclorito de sodio	57
b.2.9.	Perfil hidráulico:	62
b.2.10.	Cámara de aforo y muestreo de control.	62
c)	Planos:	62
d)	Manual operativo	63
d.1.	Encargado de la operación diaria:	63
d.2.	Maniobras y controles rutinarios.	63
d.2.1.	Línea de verdes:	63
d.2.2.	Línea de rojos:	63
d.2.3.	Tanque pulmón:	64
d.2.4.	Reactores biológicos.	64
d.2.4.1.	Oxigenación en los reactores aeróbicos	64
d.2.4.2.	Recirculación de fango del fondo del sedimentador secundario al anóxico	64
d.2.4.3.	Recirculación interna	65
d.2.4.4.	Edad del lodo	65
d.2.4.5.	Factor de Carga $f = A/M$	66
d.2.4.6.	Operación normal diaria	67
d.2.4.6.1.	Toma de muestras y planillas	67
d.2.5.	Determinaciones de control	67
d.2.5.1.	Controles semanales	67
d.2.5.2.	Controles semestrales	67
d.2.5.3.	Interpretación de los resultados y acciones a tomar.	68
d.2.5.3.1.	Oxígeno disuelto en el tanque de aeración (canal de denitrificación)	68
d.2.5.3.2.	Oxígeno disuelto en tanque de desinfección.	68
d.2.5.3.3.	Sólidos sedimentables, Ssed	69
d.2.5.3.4.	Sólidos suspendidos en los reactores	70
d.2.5.3.5.	Nitratos	70
d.2.5.3.6.	Nitritos, NO_2	70
d.2.5.3.7.	Nitrógeno KJELDAHL, NK	70
d.2.5.3.8.	Nitrógeno Amoniacal, o NH_3	71
d.2.5.3.9.	Nitrógeno orgánico, N_{organ}	71
d.2.5.3.10.	Nitrógeno total	71
d.2.5.3.11.	Fosfatos PO_4	71
d.2.5.3.12.	Demanda química de oxígeno a 5 días, DBO_5	71
d.2.5.3.13.	Demanda química de oxígeno, DQO	72
d.2.5.3.14.	Temperaturas $^{\circ}C$	72
d.2.5.3.15.	pH	72
d.2.5.3.16.	Lodo en exceso	72
d.2.5.3.17.	Organismos presentes en el licor de los reactores	72
d.2.5.3.18.	Desinfección del efluente tratado:	72
d.2.5.3.19.	Espesador:	73
d.2.5.3.20.	Digestor aeróbico de lodos:	73
d.2.5.3.21.	Secado natural:	73
d.2.5.4.	Controles del efluente con uso para riego.	74
a)	Plan de contingencia por falla de algún equipo. (paro de planta)	74
a.1.	Planilla de control de planta y proceso	75
b)	Programa de puesta en marcha y puesta en régimen.	75
c)	Cronograma de obras	77

IV. Cuerpo receptor y proyecto de riego	77
V. Plan de gestión ambiental:	77
a) Medidas y acciones preventivas y de mitigación en caso de impactos ambientales generados:	77
b) Lodos o residuos de planta:	77
c) Plan de monitoreo del efluente tratado y del cuerpo receptor:	78
VI. Anexos:	78

I. Breve descripción del proceso y su ubicación.

a) Datos de la empresa proponente:

a.1. Nombre de la Organización solicitante:

Matadero Municipal de Aluminé

a.2. Descripción del establecimiento:

El Matadero Municipal de Aluminé (MME), instalado en la localidad de Aluminé, cuenta con una planta de procesamiento multiespecie, en la que se faenan Bovinos, Caprinos, Ovinos y Porcinos. La planta funciona normalmente durante todo el año, La faena se realiza de Lunes a Jueves, quedando los días viernes para entrega de producto y limpieza general del matadero, con un horario de trabajo de 7 a 14 horas, según se muestra en Tabla 1.

El establecimiento ubicado en la ciudad de Aluminé, cuenta con, playa de faena separada en zona sucia, intermedia y limpia, con su correspondiente conexión a la línea de efluentes en cada caso, siendo estas separadas en sangre (que se recolecta de forma independiente), luego en línea de rojos y verdes, las cuales están conectadas directamente a la planta de tratamiento de efluentes industriales y cloacales (PTEIC).

La planta cuenta, además, con oficina, baños y vestuarios y lavadero de camiones, corrales todos conectados a la PTEIC, y con una zona de servicios auxiliares donde se encuentra instalado el horno crematorio para el tratamiento de vísceras y animales caídos.

Actualmente el Matadero Municipal de Aluminé en adelante MMA, cuenta con una capacidad productiva de 25 bovinos, 20 porcinos o 40 ovinos y caprinos diarios, según la habilitación que proporciona la Licencia Ambiental. Si bien según la habilitación provincial podría alcanzar los 80 bovinos, 160 caprinos y ovinos o 50 porcinos diarios, para ello deberá ampliar, corrales y cámara de refrigeración de producto, por tal motivo la producción se ve limitada por las instalaciones utilizadas en la faena.

Luego se verificó esta información con los registros operativos del MMA, en los que se pudo observar que no se ha sobrepasado la cantidad arriba mencionada y que como máximo diario se han faenado entre 18 y 20 bovinos.

Tabla 1: Distribución semanal de la faena por especie.

Días	Especie	Cantidad máxima
Lunes	Caprinos / Ovinos	40 ^{*1}
Martes	Bovinos	25
Miércoles	Porcinos	20
Jueves	Bovinos	25
Viernes	Limpieza general del matadero	

Nota *1: En el mes de diciembre se habilita el matadero con una capacidad de 40 a 50 entre caprinos y ovinos.

b) Descripción del lugar respecto del clima.

En Aluminé, los veranos son cómodos, secos y mayormente despejados y los inviernos son muy frío, mojados, ventosos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -1 °C a 23 °C y rara vez baja a menos de -5 °C o sube a más de 29 °C. En la Figura 1, se observa un resumen del clima de la localidad de Aluminé. Se toman los datos proporcionados por Weather Spark.

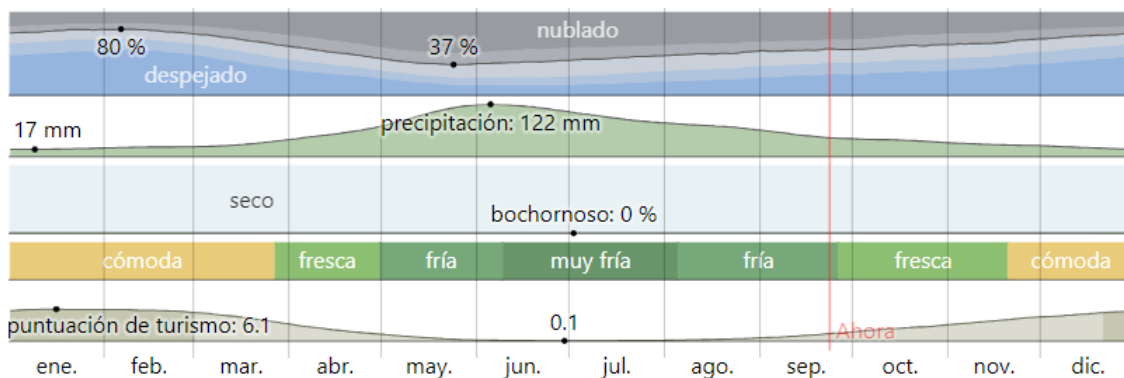


Figura 1: Clima en Aluminé.

Temperatura promedio en Aluminé: La temporada templada dura 3,5 meses, desde principios de diciembre hasta mediados de marzo. La temperatura máxima promedio diaria es más de 20 °C, durante el mes de enero que es el más cálido, con una temperatura máxima promedio de 23 °C y mínima de 8 °C.

Luego, la temporada fría dura 3,2 meses, desde mediados de mayo al hasta fines de agosto, con una temperatura máxima promedio diario menor a 9 °C. El mes más frío del año en Aluminé es julio, con una temperatura mínima promedio de -1 °C y máxima de 6 °C.

En la Figura 2 se observan las temperaturas máximas en línea roja y las temperaturas mínimas en línea azul y promedio diaria con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas.

Luego, en la Tabla 2 se muestran los datos de temperatura en °C de la localidad de Aluminé. Estos datos se utilizan para el diseño de la planta de tratamiento. De estos datos resulta que el promedio de los seis meses más fríos del año es 4,3 °C, y los seis meses más calurosos tienen un promedio de temperatura de 12,5 °C.

Tabla 2: Datos mínimos, máximos y promedio de temperaturas de la ciudad de Aluminé en °C.

Temperatura	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Máxima	23	23	20	15	10	7	6	8	11	15	18	21
Media	15	15	13	8	5	3	2	3	5	8	11	13
Mínima	8	8	7	4	2	0	-1	0	1	3	5	7

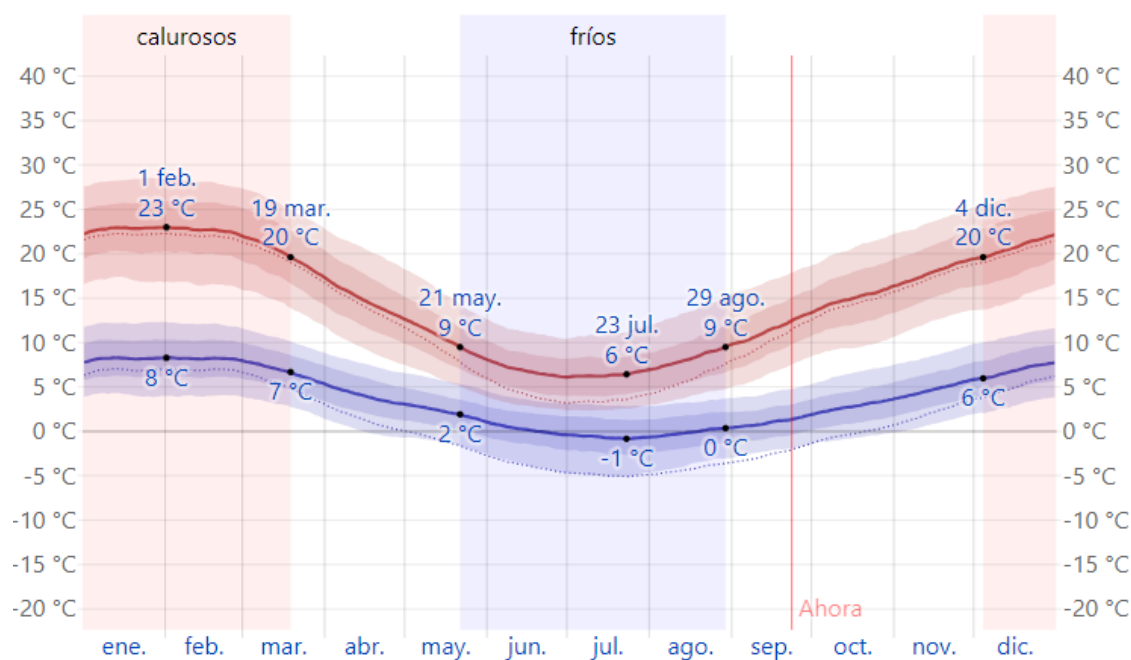


Figura 2: Temperaturas en Aluminé.

Precipitaciones: Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Aluminé varía considerablemente durante el año.

Se tienen unos 4 meses aproximadamente de temporada mojada, desde fines de abril hasta los primeros días de septiembre, con una probabilidad de más del 27 % de precipitaciones. El mes con más días de precipitaciones en Aluminé es junio, con un promedio de 13,4 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 7,7 meses, desde primeros días de septiembre hasta fines de abril. El mes con menos días mojados en Aluminé es enero, con un promedio de 3,0 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

En la Figura 3, se muestran los días con precipitaciones que pueden ser solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Aluminé es junio, con un promedio de 11,2 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 40 % el 27 de mayo.

Luego en la Figura 4 se observan los promedios mensuales de lluvias para la localidad y en la Figura 5 los promedios mensuales de precipitaciones nieveas.

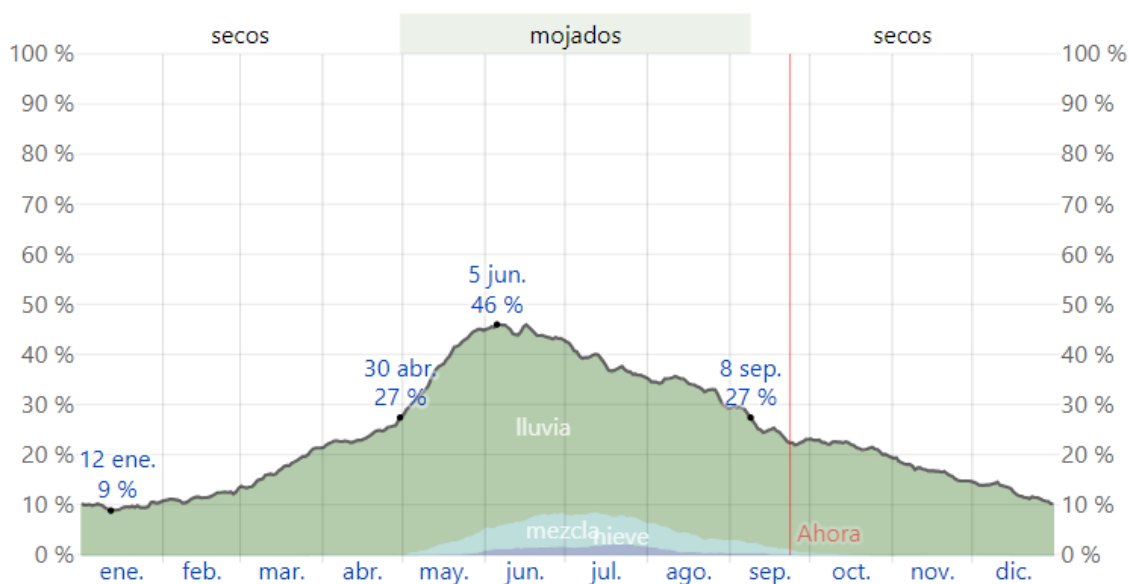


Figura 3: Probabilidad diaria de precipitación en Aluminé.

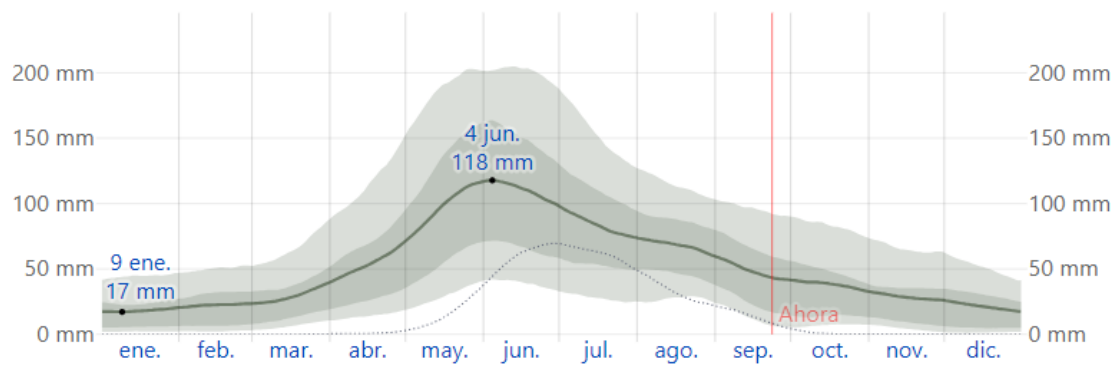


Figura 4: Promedio mensual de lluvia en Aluminé

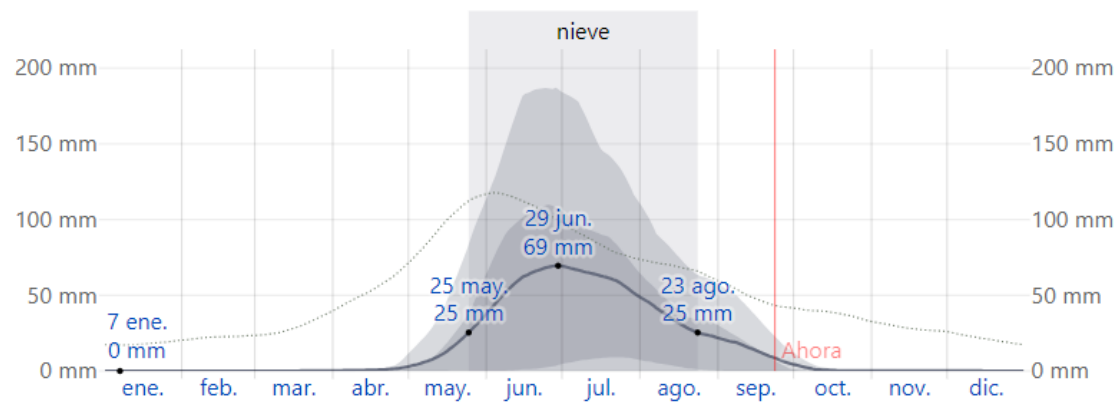


Figura 5: Precipitación de nieve promedio mensual en Aluminé.

Vientos: frecuencia, intensidad, estacionalidad. La zona sufre de vientos de frecuencia periódica, mayormente provenientes del Oeste, con marcada estacionalidad, ello implica una mayor frecuencia de vientos durante la primavera, pudiendo alcanzar velocidades de 60 hasta los 100 Km/hora.

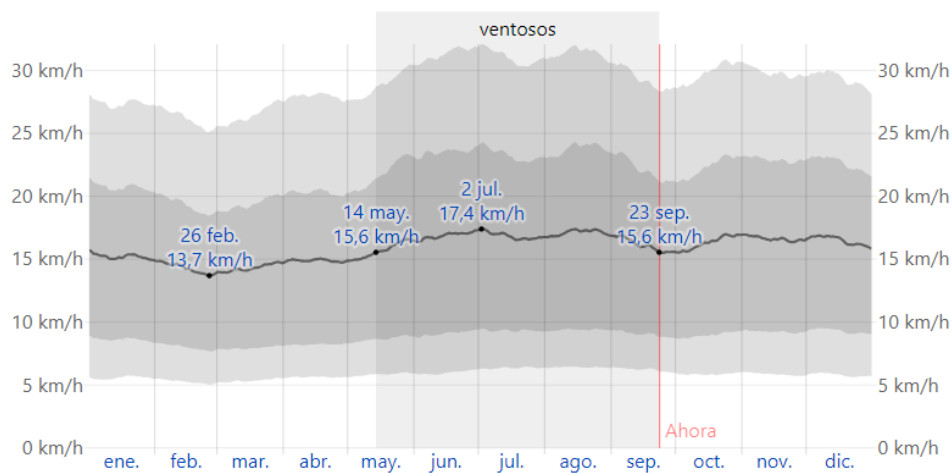


Figura 6: Velocidad promedio del viento en Aluminé

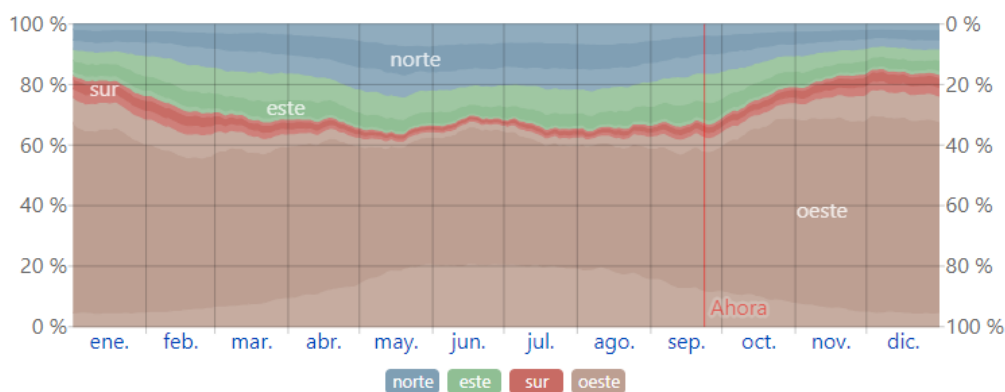


Figura 7: Dirección del viento en Aluminé.

Por último, en la Figura 8, se puede observar un cuadro de las precipitaciones y evapotranspiración como promedios mensuales entre los años 1993 y 2003. (MENDIBURU, FERNANDEZ, & MOYANO, 2019).

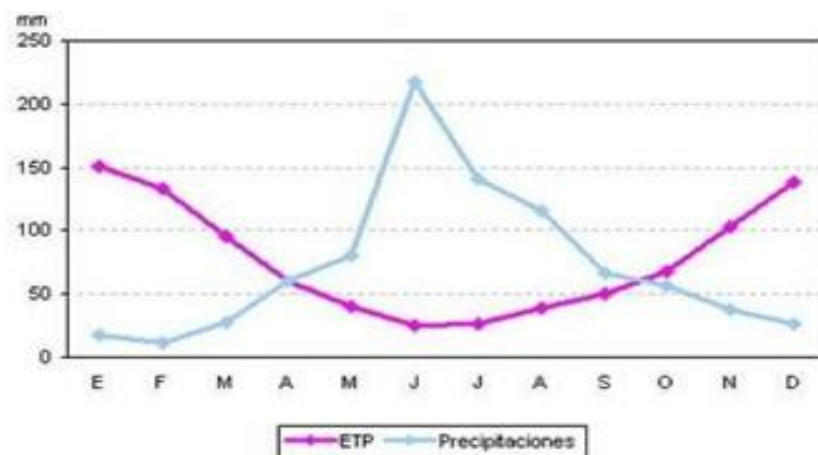


Figura 8: Precipitaciones y Evapotranspiración - 1993-2003.

c) Descripción del lugar respecto suelo.

En el terreno donde se realizó la investigación se realizaron dos perforaciones con pala barreno hasta una profundidad máxima de -3,50 [mts], en el exterior del edificio y en el interior se llegó aproximadamente a -1,00 [mts], debido a la presencia de bochones no se pudo continuar más allá, debido a que ese material impedía el avance de la herramienta.

Además se ejecutaron 5 (cinco) ensayos de penetración dinámica continua, hasta una profundidad máxima de -4,20 [mts], encontrándose el rechazo a profundidades variables entre -1,20 [mts] , - 2,70 y la máxima a -42,0 [mts].

Perfil litológico:

Los ensayos se realizaron con un penetrómetro de baja energía, según norma DIN 4094, con punta cónica de 7,1 [cm²] de sección recta, pisón de 12 [Kg] y carrera de 0,90 [mts], cuyos resultados están graficados en hojas anexas a este informe.

De las muestras obtenidas y de los ensayos realizados podemos establecer que el perfil del suelo en el área estudiada es bastante homogéneo y es el siguiente:

Desde la superficie y hasta una profundidad aproximada de -0,30 [mts] tenemos un suelo formado por arcillas con arena fina, de color oscuro, medianamente plástico, el pasante del tamiz 200 es variable entre el 66% y el 79%, su humedad natural es, variable entre el 8% y el 12%, la compacidad de este estrato es baja los primeros 30 [cm] luego pasa a mediana. A este suelo lo clasificamos según el sistema unificado como CL.

A continuación continúa el mismo suelo pero mezclado con rodados de origen basáltico de gran tamaño, superiores a los 15 [cm] y el pasante del tamiz 200 es del 35%, y la humedad natural es del 15%, este estrato es de mediana a alta compacidad, pero la misma va aumentando con la profundidad, dando rechazo el penetrómetro entre -2,40 [mts] y -4,20 [mts]. Con bastante dificultad se pudo llegar con la perforación hasta -3,00 [mts]. A este suelo lo clasificamos según el sistema unificado como GM.-

La napa de agua no se detectó hasta los -4,50 [mts].-

d) Programa de monitoreo del efluente y del suelo.

Comenzado el proceso de recambio de agua, se deberá tomar una muestra del afluente y del efluente ya tratado, con el objeto de determinar si cumple con los parámetros de vertido antes de disponerlo en el suelo.

Se propone en el 1° y 2° año de actividades un muestreo semestral, luego continuar con muestreos anuales. Para el caso del monitoreo del suelo, presentado en documento adjunto de “Proyecto de Riego”.

II. Memoria descriptiva.

a) Caracterización cualitativa y cuantitativa del efluente a tratar:

a.1. Caracterización típica del efluente:

Para caracterizar el efluente a tratar se ha tomado una muestra del punto de alimentación de la planta de tratamiento de efluentes en el que confluyen todas las líneas de corriente de salida de la playa de faena, corrales y lavadero. Este pozo recibe la línea de verdes, luego que ha pasado por un proceso de tratamiento primario, al igual que la línea de rojos, y cloacales.

En la Tabla 3, se muestran los resultados obtenidos sobre la muestra enviada para análisis del MMA, pero teniendo en cuenta que la muestra que se toma es puntual, y que además se pudo tomar la muestra desde un sitio que por su funcionalidad no es representativo, se realiza además una revisión bibliográfica sobre la composición de los efluentes de establecimientos similares para utilizar como referencia en el análisis, tal como puede verse en Tabla 4. Por otro lado, se tomarán de referencia los resultados de laboratorio de otros mataderos municipales de la provincia del Neuquén, como puede ser el matadero municipal de Añelo que tiene una capacidad productiva similar, según puede verse en la Tabla 5 que contiene resultados de análisis de muestras tomadas en diferentes momentos del proceso durante la faena y durante el momento de limpieza, y luego en la Tabla 6, se observan resultados más completos sobre una muestra tomada durante la faena.

Comparando los resultados mostrados en Tabla 3 (Matadero Aluminé) y Tabla 5 (Matadero Añelo), en las muestras durante la faena, se observa semejanza en los parámetros de DBO y DQO, por tal motivo se adoptarán los resultados mostrados en Tabla 5, para el diseño del sistema de tratamiento de efluentes a proponer.

Tabla 3: Resultados matadero municipal Aluminé.

Parámetros	Unidad	Resultado faena
pH (25°C)	UpH	6,7
DBO5	mg/l	600
DBO5 sol	mg/l	260
DQO	mg/l	909
DQO sol	mg/l	563
Cloruros	mg/l	284
Nitrógeno Total	mg/l	222
Fósforo Total	mg/l	5,2
Sólidos totales en suspensión	mg/l	122
Sólidos disueltos totales (180°C)	mg/l	861
Grasas y aceites	mg/l	3,7
Conductividad	uS/cm	1592
Sólidos sedimentables (10 min)	ml/L	< 0,1
Sólidos sedimentables (2 hs)	ml/L	< 0,1
Bacterias coliformes totales	NMP/ 100 ml	5,4 x 10 ⁵
Escherichia coli	NMP/ 100 ml	1,1 x 10 ⁴

Tabla 4: Caracterización del efluente líquido

Parámetro	Unidad	Valor
Temperatura	°C	20
pH	UpH	6 a 8
Sólidos sedimentables	mg/L	38 a 40
Sólidos suspendidos	mg/L	570
Sólidos fijos totales	mg/L	<516
DQO	mg/L	3.400 a 7.000
DBO ₅	mg/L	1.800 a 4.000

Fuente: Becerra Montero, L.F y Días Pulido, J.C. 2014

Tabla 5: Resultados de laboratorio Matadero Municipal de Añelo (1)

Parámetros	Unidad	Resultado faena	Resultado limpieza
pH (25°C)	UpH	7,74	-
DBO5	mg/l	547	-
DBO _{5sol}	mg/l	97	-
DQO	mg/l	917	-
DQO _{sol}	mg/l	182	-
Cloruros	mg/l	-	69
Nitrógeno Total	mg/l	-	95,7
Fósforo Total	mg/l	-	1,17
Sólidos totales en suspensión	mg/l		116

Sólidos disueltos totales (180°C)	mg/l		582
Grasas y aceites	mg/l		7,6

Tabla 6: Resultados matadero municipal Añelo (2)

Parámetros	Unidad	Resultado faena
pH (25°C)	UpH	7,27
DBO ₅	mg/l	34,2
DBO _{5 sol}	mg/l	20,4
DQO	mg/l	620
DQO _{sol}	mg/l	459
Cloruros	mg/l	74
Nitrógeno Total	mg/l	134
Fósforo Total	mg/l	0,076
Sólidos totales en suspensión	mg/l	189
Sólidos disueltos totales (180°C)	mg/l	537
Grasas y aceites	mg/l	14
Conductividad	uS/cm	1236
Temperatura in-situ	°C	19,8

a.2. Puntos de generación de los efluentes con destino a la planta de tratamiento de efluentes:

Durante todo el proceso de faena se generan efluentes con destino a la PTEIC, además de los que se generan durante el lavado de camiones y el lavado de los corrales.

Con el objeto de estimar la generación de efluentes, se toma como base la recomendación del decreto 4238/68 reglamentario de la Ley 3959, respecto del requerimiento de agua para la faena de las diferentes especies*1.

La actividad en el matadero genera tres corrientes, discriminadas según su contenido, es decir, aguas negras, línea de verdes y línea de rojos.

- Aguas negras, provenientes de los sanitarios, vestuario y cocina, denominada de tipo cloacal.
- Línea de verdes, son aquellas que no contienen restos de grasas o sangre, y se generan en la zona sucia de la playa de faena, en el sector de lavado del contenido ruminal, y en la zona de lavadero de camiones, corrales y bañadero.
- Línea de rojos, se trata del efluente que contiene restos de grasas y sangre proveniente del lavado que se realiza durante el proceso de faena y sala de vísceras, esta línea no contempla

los restos de sangre provenientes del degüello del animal, ya que este debe ir a otro proceso, como por ejemplo un sancochado.

Para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de efluentes se debe considerar el consumo de agua que establece la normativa para este tipo de producción, según se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7: Consumo de agua y generación de efluentes por especie.

Especie	Capacidad máxima de faena	Consumo de agua (m ³ /animal) ¹	Efluente generado por especie
Bovinos	25	1,5	37,5
Porcinos	20	0,3	6
Caprinos / Ovinos	40 / 50	0,3	12 / 15

Tomando los datos de generación de efluentes por especie mostrados en la Tabla 7 y los días y frecuencia de faena mostrados en la Tabla 1, se puede obtener la generación de efluentes durante una semana normal de trabajo, según se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Generación de efluentes durante la semana.

Días	Especie	Cantidad máxima	Caudal generado m ³ /día
Lunes	Caprinos / Ovinos	40	12
Martes	Bovinos	25	37,5
Miércoles	Porcinos	20	6
Jueves	Bovinos	25	37,5
Viernes	Limpieza general del matadero		6 ^{*1}

^{*1}: Se considera para el día de limpieza general del matadero el equivalente al mínimo caudal utilizado durante la faena.

Por otra parte se toma en consideración que actualmente desde el MMA, contratan entre 4 y 5 veces al mes, el camión atmosférico con una capacidad de 8 m³, para el vaciado de los tanques de almacenamiento lo que nos da entre 32 y 40 m³ al mes.

¹ Según decreto 4238/68, de la Ley N° 17.160, modificatoria del artículo 10 de la Ley 3959 de Policía Sanitaria Animal. Capítulo IV – 4. Obras Sanitarias – Inciso 4.3.7: Cálculo de necesidad de agua.

En la Tabla 9, se muestran los caudales máximos que se pueden generar en el MMA, con las instalaciones actuales.

Tabla 9: Resumen de efluentes generados.

Especie	Capacidad máxima de faena	Consumo de agua (m ³ /animal) ²	Efluente generado por especie
Bovinos	25	1,5	37,5
Porcinos	20	0,3	6
Caprinos / Ovinos	40 / 50	0,3	12 / 15

Luego los puntos de generación de efluentes son: Sanitarios; Corrales y lavadero de camiones: Línea de verdes y Faena (línea de rojos y verdes).

Según la información aportada en Tabla 8, por semana vemos un acumulado de 99 m³, una cantidad que sobrepasa por mucho lo que realmente se genera actualmente (40 m³ al mes), por tal motivo, se propone realizar una planta de tratamiento de efluentes industriales y cloacales, de forma modular que cubra en primera instancia la mitad de la capacidad máxima, y que permita cubrir el requerimiento total, solo duplicando las instalaciones de tanque pulmón y reactores.

b) Descripción del sistema de tratamiento de efluentes:

Tal lo mencionado, los efluentes en este tipo de procesos se dividen en 2 líneas, más los líquidos cloacales, uno de línea de verdes, que contiene la excreta del animal (corrales, lavadero de camiones y vaciado de panzas) y la línea de rojos, proveniente de la limpieza durante y después de la faena. En este sentido, se diseña el sistema de tratamiento de efluentes considerando esta división en lo que refiere al tratamiento primario.

La línea de verdes desemboca en una cámara de rejillas y desarenador y la línea de rojos, desemboca en el sistema de rejillas, seguido de cámara desengrasadora, los líquidos siguen su curso al pozo colector/derivador, donde se reúne con la línea de verdes post-tratamiento primario.

Líquidos cloacales que derivan en una cámara séptica, se reúne con los líquidos industriales en el pozo colector/derivador.

² Según decreto 4238/68, de la Ley N° 17.160, modificatoria del artículo 10 de la Ley 3959 de Policía Sanitaria Animal. Capítulo IV – 4. Obras Sanitarias – Inciso 4.3.7: Cálculo de necesidad de agua.

Una vez se reúnen los líquidos en el pozo colector/derivador, continúa una sola línea de efluentes al tanque pulmón que deberá almacenar como mínimo de 15 m³ de líquido, que permitirá asegurar un caudal de 0,6 m³/h, que alimentará el sistema de tratamiento secundario, que estará compuesto por un reactor biológico, que está formado por dos tipos de reactores; el primero es el anóxico en el cual se fomenta la eliminación de materia orgánica por medio de la desnitrificación llevada a cabo por las bacterias heterótrofas y al mismo tiempo se consumen nitratos; y el segundo es el reactor aeróbico en el cual se estabiliza la materia biodegradable, o sea la transformable biológicamente, oxidando al máximo los compuestos carbonáceos y nitrogenados; en esta etapa las bacterias heterótrofas degradan la materia orgánica en condición aeróbica y las bacterias autótrofas oxidan el amonio a nitrato.

Luego el efluente continúa su tratamiento en un decantador secundarios seguido de un espesador, que permiten, separar los lodos generados en las etapas anteriores y clarificar el efluente tratado, al que por último se le adiciona cloro para su completa desinfección.

Además de lo anterior, es necesario efectuar la recirculación hacia la entrada del reactor o tanque de aeración del lodo depositado en el sedimentador secundario, a fin de mantener constante la concentración de sólidos suspendidos (asociados a la biomasa activa) requerida en el proceso, estimada en 3.200 g SST/m³ (valor de diseño) de promedio en el tanque de aeración (SST es decir, “sólidos suspendidos en el tanque de aeración”).

c) Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de efluentes:

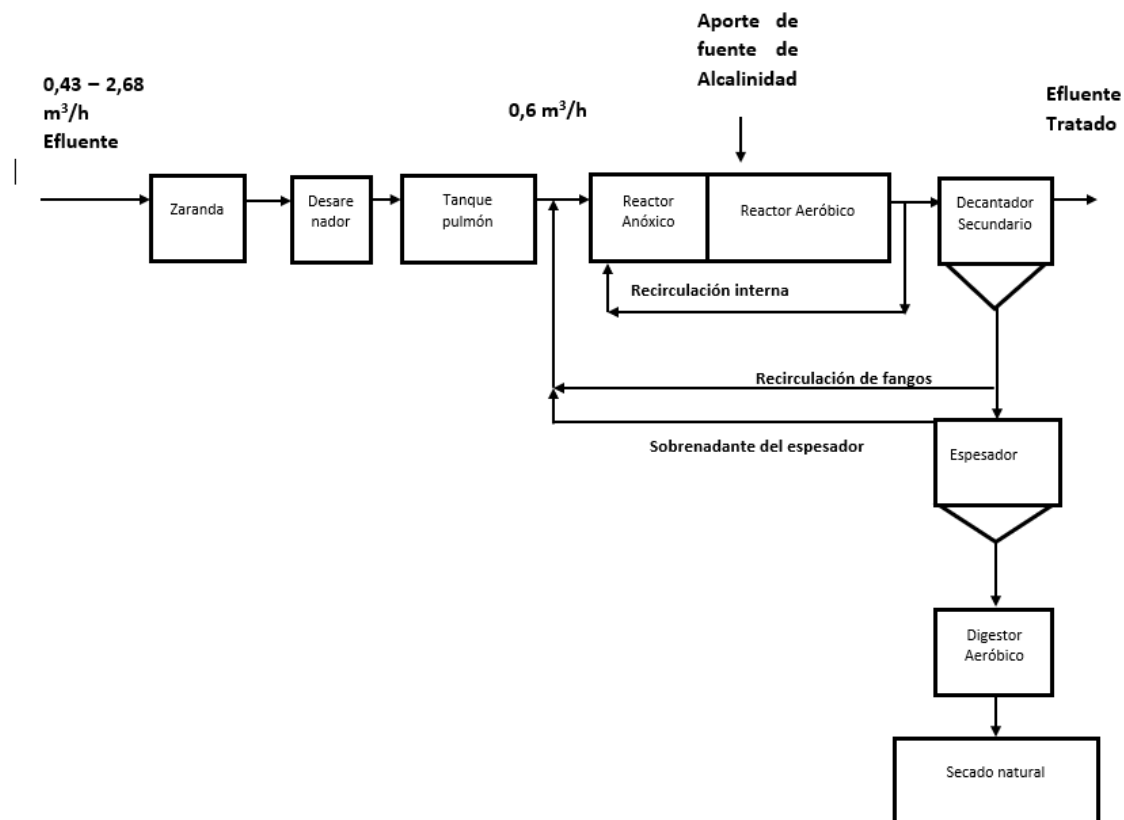


Figura 9: Diagrama de flujo.

d) Tratamiento de lodos:

Los lodos serán separados de la corriente de efluentes, en el equipo decantador, luego los lodos pasan al espesador, luego al digestor aeróbico de lodos y por último a la playa de secado, tal como puede verse en la Figura 9.

III. Memoria técnica

a) Períodos de diseño

El MMA., en la actualidad funciona, con faena los días lunes a jueves de cada semana, durante todo el año.

a.1. Caudales

La planta de tratamiento a diseñar trata durante los meses de enero a diciembre, cinco días a la semana un caudal de 99 m^3 , pero considerando lo expuesto anteriormente se diseñará la planta considerando un caudal semanal de la mitad del máximo, es decir, $49,5 \text{ m}^3$.

Para el diseño es necesario considerar que:

- en la planta hay empleados que pueden vigilar el funcionamiento de la planta de tratamiento de lunes a viernes;
- se produce efluente a tratar durante 8 horas de faena de animales, dando un caudal entre $0,43$ y $2,68 \text{ m}^3/\text{h}$ dependiendo del número y tipo de animal que se faena;
- el caudal considerado que ingresa al reactor biológico es de $14,4 \text{ m}^3/\text{d}$ que se generan, equivalente a $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

En resumen, se considera una primera etapa en la que el matadero de Aluminé alcanzaría la media del máximo generado, es decir $49,5 \text{ m}^3$ de efluente por semana, los meses de enero a diciembre. Se toma este último para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de efluentes, que corresponde a la mitad de la máxima capacidad de faena del matadero.

Las etapas de crecimiento que el matadero de Aluminé puede admitir, se corresponden con el incremento de la recepción de animales para faena, lo que actualmente no sucede por déficit productivo.

b) Dimensionamiento de las distintas etapas del sistema:

El MMA cuenta con instalaciones correspondientes con una planta de tratamiento de efluentes, de los cuales la etapa primaria será reutilizada, y se reemplazará el sistema biológico por completo.

Se propuso en el tratamiento secundario las siguientes etapas: reactor anóxico - aeróbico, decantador secundario. El fango generado purgado del proceso biológico se somete a un proceso de digestión aeróbica, el fango digerido se conduce a una playa de secado. Por la cantidad de nitrógeno que posee el efluente a tratar, se debe tener en cuenta la adición de compuestos que aumente la alcalinidad de la corriente, para garantizar la nitrificación completa. En la Figura 9 se muestra un esquema de la planta propuesta.

b.1. Tratamiento primario:

b.1.1. Línea de verdes.

Para las corrientes provenientes del lavadero de camiones, de los corrales y de la sala de verdes del interior de la playa de faena, que actualmente desembocan en una cámara de rejas seguida de un desarenador, se propone continuar utilizando estas instalaciones, dado que se observó un correcto funcionamiento de estas etapas.

b.1.1.1. Rejas de desbaste, línea de verdes:

Actualmente la línea de verdes cuenta con un sistema de rejas de desbaste, compuesta por rejas gruesas y dona de desarenado, tal como puede verse en las Figura 10, Figura 11 y Figura 12.

La cámara de rejas tiene 3,00 metros de largo por 0,90 metros de ancho, y una profundidad 0,85 m, en la zona de alimentación y 1,00 m en la zona de descarga.

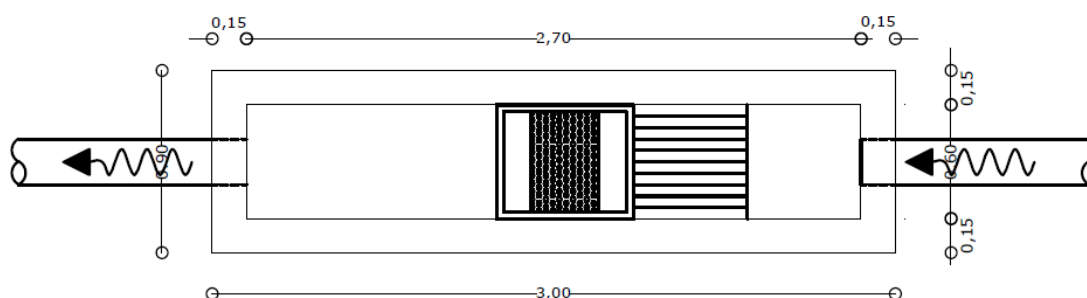


Figura 10: Dimensiones Cámara de rejás. Línea de verdes, vista en planta.

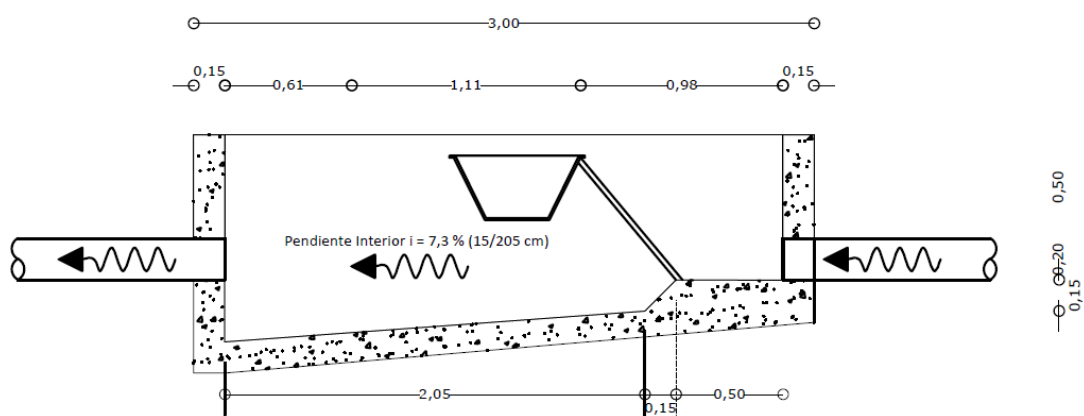


Figura 11: Dimensiones Cámara de rejás. Línea de verdes, vista en corte.



Figura 12: Fotografía de cámara de rejás línea de verdes. Detalle de rejás y zona de desarenador.

b.1.2. Línea de rojos.

En la playa de faena, se genera aguas rojas, denominadas así por su contenido de sangre. Estas aguas se generan principalmente por el lavado del animal a medida que avanza el proceso de faena.

Esta corriente actualmente está dotada de rejillas de desbaste y cámara desengrasadora, dado que se observó un correcto funcionamiento de estas etapas, no proponen modificaciones.

b.1.2.1. Rejas de desbaste línea de rojos:

Actualmente la línea de rojos cuenta con un sistema de rejillas de desbaste, compuesta por rejillas finas y gruesas y canastos de limpieza, tal como puede verse en las Figura 13, Figura 14 y Figura 15.

La cámara de rejillas gruesas de efluentes rojos tiene 3,00 metros de largo por 0,90 metros de ancho, y una profundidad aproximada de 0,85 m.

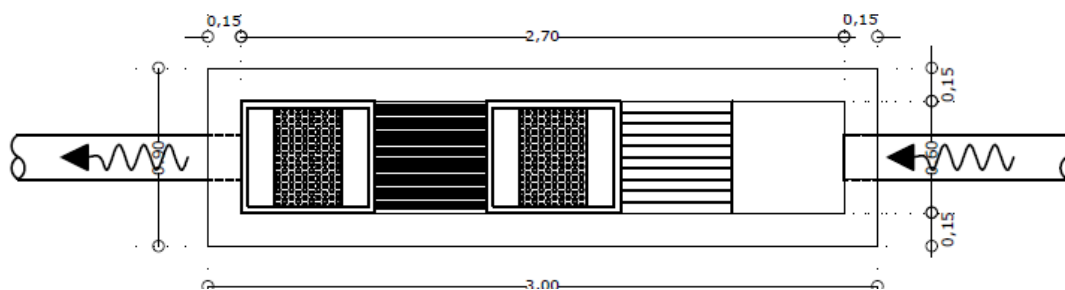


Figura 13: Dimensiones Cámara de rejillas gruesa y fina. Línea de rojos. Vista en planta.

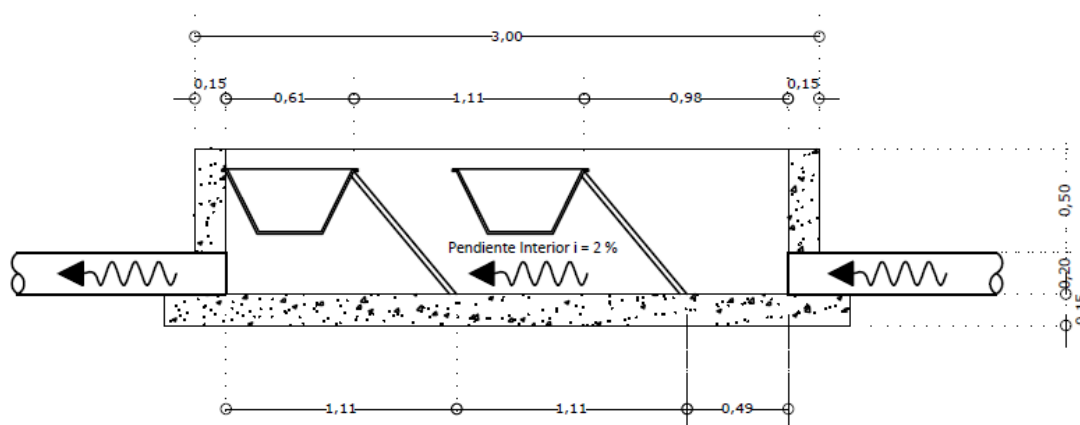


Figura 14: Dimensiones Cámara de rejillas gruesa y fina. Línea de rojos. Vista en corte.



Figura 15: Fotografías 11.09.24. Rejas de desbaste línea de rojos.

b.1.2.2. Cámara desengrasadora:

La cámara desengrasadora tiene 3,00 metros de largo por 1,50 metros de ancho. Es de hormigón armado. Es necesario realizar mantenimiento.

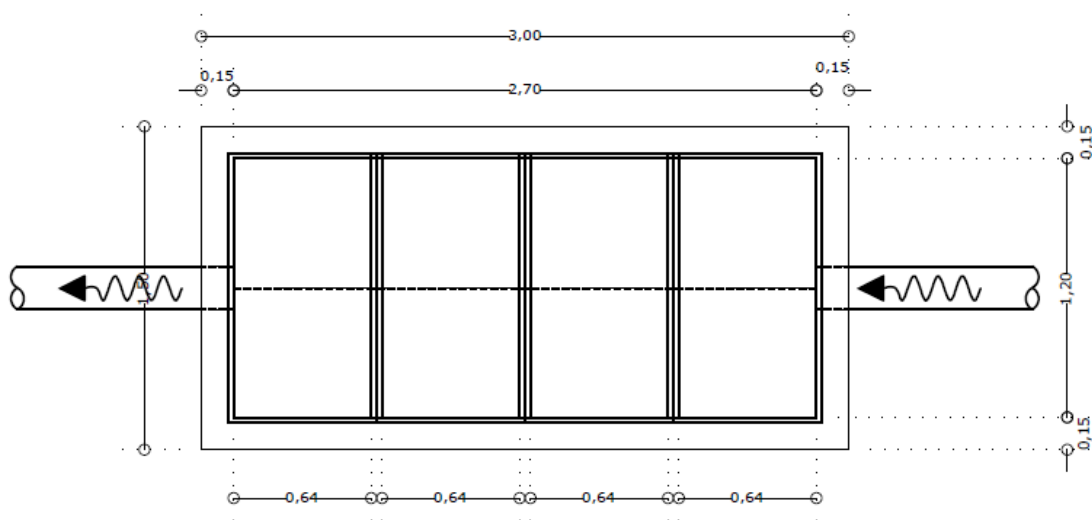


Figura 16: Dimensiones Cámara Desengrasadora. Vista en planta.

Cuenta con tres tapas metálicas, de 1,20 m por 0,63 m, con manijas de hierro. El borde de la cámara, donde apoyan las tapas posee un perfil normal L de alas iguales de 25x25x2,5.

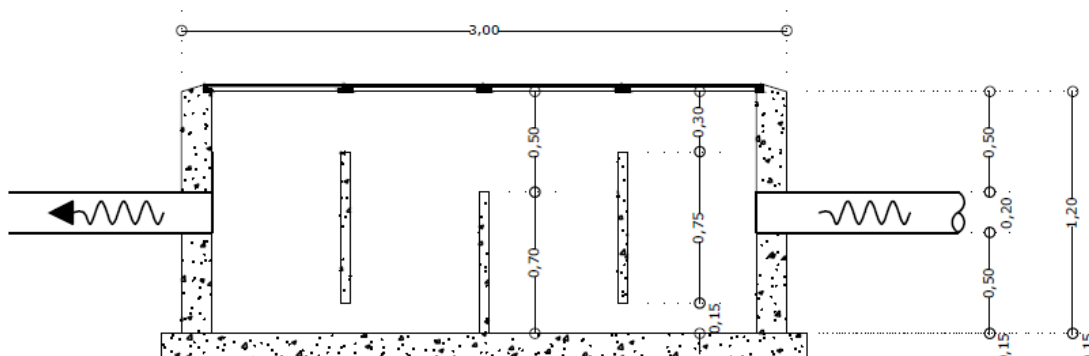


Figura 17: Dimensiones Cámara Desengrasadora. Vista en corte.



Figura 18: Fotografías 11/09/2024: Cámara Desengrasadora.

b.1.3. Cámara de registro.

La cámara de derivación, colecta las tres líneas de efluentes generadas en la planta, es decir, cloacales, verdes y rojas. La función de esta cámara de registro, es la de coleccionar los efluentes para luego derivarlos al tratamiento secundario.

Es de hormigón armado, el mismo se encuentra en buen estado sin fisuras importantes. En su interior se encuentra instalada la bomba para líquido filtrado y desengrasado a planta de tratamiento. Posee una tapa de hormigón armado.



Figura 19: Fotografías 22/12/2022: Pozo de Bombeo

Esta cámara de derivación, recibe por gravedad los líquidos de la línea de verdes, de rojos y cloacales, para luego alimentar el tanque pulmón.

b.1.4. Tanque pulmón

El Tanque pulmón alimentará al reactor anóxico. Se pretende tratar todo el caudal generado en los cuatro días de trabajo ($49,5 \text{ m}^3$) entre el lunes a las 20 h y el día viernes en el mismo horario. De esta manera se garantiza que la planta de tratamiento trabaje en horario con presencia de personal. A partir del día viernes a las 20 h, solamente funcionarán las recirculaciones. En la Figura 20, los datos color azul representan la salida del tanque de pulmón, que provee un caudal de $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$ durante determinadas horas de trabajo iniciando el día lunes a las 8 h, hasta las 18h, el martes desde las 8 h hasta las 20 h del miércoles, y del jueves a las 08 h a las 20 h del viernes. El caudal depende de la cantidad y tipo de animal faenado en el día. Los datos color naranja representan el caudal de entrada a planta $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$ (salida del tanque pulmón), el cual se mantiene en los períodos detallados anteriormente. Los datos color gris representan el volumen acumulado del tanque pulmón, el cual debe almacenar 15 m^3 , mínimo. Este es el mayor volumen acumulado en la Figura 20.

Por lo expuesto se adopta para el tanque pulmón un tanque de volumen de 18 m^3 de volumen mínimo, o de capacidad total superior, fabricado con Polietileno Virgen al 100%, con protección UV para uso a la intemperie, provisto de boca pasa hombre de 455 mm, tapa de polipropileno inyectada y salida roscada de 2" en polipropileno. En todos los casos se propondrán los tanques comerciales de volumen superior al requerido como mínimo. Para este caso, se propone un tanque de 23 o 25 m^3 .

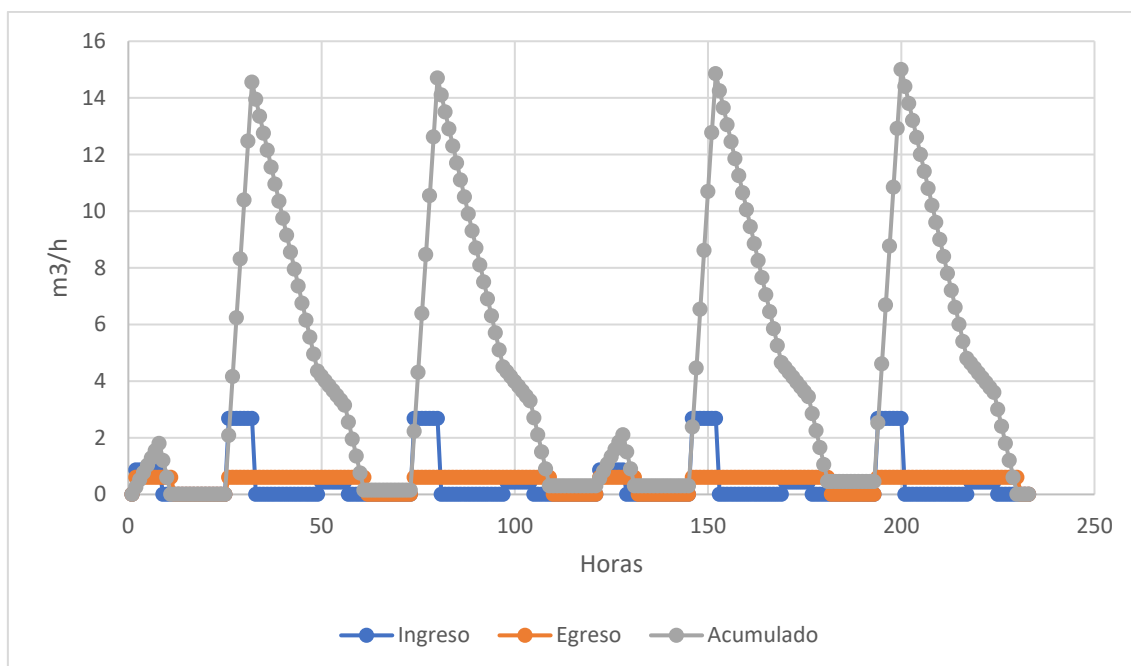


Figura 20: Cálculo del tanque pulmón.

b.2. Tratamiento secundario (biológico)

b.2.1. Cálculo del Reactor Aeróbico

Esta etapa permite degradar el contenido de materia orgánica en condiciones aeróbicas por medio de la actividad de las bacterias heterótrofas. También ocurre la nitrificación u oxidación del nitrógeno amoniacal a nitratos por medio de la actividad de las bacterias autótrofas.

Para el cálculo del proceso de degradación de materia orgánica se considera la DBO última o $DBO_{20} = 875 \text{ mg O/L}$, la cual se obtuvo del cálculo: $DBO_{\text{última}} = 1,6 * DBO_5$ (Metcalf & Eddy, 2003), dado que si se cuenta con el dato de DBO_5 .

Para el cálculo del reactor se consideraron los resultados mostrados en la Tabla 5: Resultados de laboratorio Matadero Municipal de Añelo (1)Tabla 5, que permite tener una caracterización del efluente de ingreso a la PTEIC, más cercana a la realidad, tal como se mencionó anteriormente. Luego, los datos asumidos se muestran en la Tabla 10. Los parámetros característicos de las bacterias heterótrofas se tomaron del manual ENOHSa (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento (ENOHSa), 1993), los parámetros de las bacterias autótrofas del modelo ASM2d (Henze et al., 2006).

Tabla 10: Parámetros considerados en el diseño del reactor aeróbico.

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
X_{SST}	3200	g SS/m ³	Concentración de sólidos suspendidos totales en el reactor aeróbico
θ_C	12	d	Edad del fango, que se retira de la línea de recirculación
X_{SST}	9	Kg SST/m ³	Concentración de sólidos suspendidos totales del fango recirculado
$F=SSV/SST$	0,70	Valor asumido	
X_{SSV}	2240	g SSV/ m ³	Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el reactor aeróbico
$DBO_{última} \text{ ó } S_{a \text{ ent}}$	875	g O/ m ³	Concentración de DBO última de entrada
Q_C	14,4	m ³ /d	Caudal de ingreso a la planta de tratamiento (0,6 m ³ /h*24 h= 14,4 m ³ /d)
Q_{sob}	2,85	m ³ /d	Sobrenadante recirculado del espesador
Y_H	0,6	g DQO biomasa producida/g DQO removida	Rendimiento del crecimiento heterótrofo
$\mu_H (20^\circ C)$	6	d ⁻¹	Velocidad específica de crecimiento de bacterias heterótrofas
K_{S_H}	20	g O/m ³	Constante de semisaturación de Monod
$b_h (20^\circ C)$	0,4	d ⁻¹	Velocidad de lisis celular También se lo denomina b_H
$\eta_H(T)$	1,072		Coefficiente de actividad temperatura Vant Hoff-Arrhenius de las bacterias heterótrofas
f_{D_H}	0,1		fracción de la materia celular heterótrofa que tras su muerte queda como residuo orgánico no biodegradable
Y_{AUT}	0,24	g DQO biomasa producida / g N	Rendimiento del crecimiento autótrofo
$\mu_{aut} (20^\circ C)$	1	d ⁻¹	Velocidad específica de crecimiento de bacterias autótrofas
K_{NH4}	1	g N/ m ³	Constante de semisaturación de Monod autótrofa

$b_{AUT} (20^{\circ}C)$	0,15	d^{-1}	Velocidad de lisis celular autótrofa.
$\eta_{AUT}(T)$	1,111		Coeficiente de actividad temperatura Vant Hoff-Arrhenius de las bacterias autótrofas
$f_{D AUT}$	0,1		fracción de la materia celular autótrofa que tras su muerte queda como residuo orgánico no biodegradable

Los parámetros de velocidad de crecimiento y lisis celular de las bacterias heterótrofas y autótrofas son influenciados por la temperatura. Su efecto se puede expresar por una ecuación variante de la de Vant Hoff-Arrhenius de la forma:

$$K_T = K_{20} n^{T-20} \quad Ec. 1$$

K_T y K_{20} es el valor del parámetro a la temperatura de T y $20^{\circ}C$, respectivamente, T es temperatura en $^{\circ}C$, y n es un coeficiente que depende del proceso. Este efecto es particularmente importante dado que se traduce en una disminución de la velocidad de los procesos al disminuir la temperatura. Solamente se considera el efecto de la temperatura que es el que produce la mayor variación en el valor de estos parámetros.

El procedimiento de cálculo sigue el lineamiento de la norma ENOHSA y se obtuvo del libro (Metcalf & Eddy, 2003). El esquema diseñado se muestra en la Figura 21. Primero se diseña el reactor aeróbico y luego el anóxico.

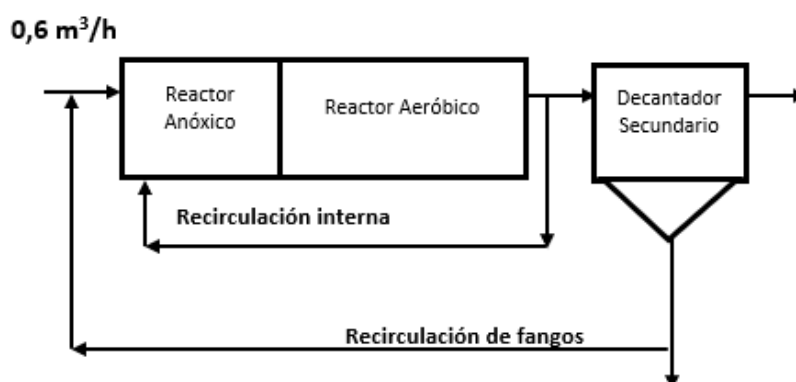


Figura 21: Esquema AO: anóxico-aeróbico.

Se obtuvieron las expresiones para el cálculo del volumen del reactor aerobio utilizando balances de sustrato y de microorganismos tanto para bacterias heterótrofas como para bacterias autótrofas. A continuación, se muestran las ecuaciones y como se trabajaron para obtener las expresiones.

b.2.1.1. Balance de sustrato:

Bacterias heterótrofas:

Ec. 2

$$(Q_{C20}) \cdot (S_{a\ ent}/f - S_{sef}) = \frac{\mu_H \cdot S_{sef} \cdot V_{AER} \cdot X_H}{Y_H \cdot (K_{S\ H} + S_{sef})}$$

Para aplicar las ecuaciones de balance de las bacterias heterótrofas se consideró el factor de corrección de $f=0,68=DO_5/DO_{20}$. X_H : concentración de bacterias heterótrofas vivas en el tanque aeróbico. El valor de la velocidad de crecimiento específica, se corrigió con el factor de temperatura de la Ley de Arrhenius (Ec. 1), para el caso de la temperatura más fría, el valor utilizado en la Ec. 2, está afectado por la temperatura.

Bacterias autótrofas:

$$(Q_{C20} + Q_{sob}) \cdot (N_T - S_{NH4}) - 0,087 \cdot Q \Delta X = \frac{\mu_A \cdot S_{NH4} \cdot V_{AER} \cdot X_A}{Y_A \cdot (K_{NH4} + S_{NH4})} \quad Ec. 3$$

X_A : concentración de bacterias autótrofas vivas en el tanque aeróbico. La velocidad de crecimiento específica de las bacterias autótrofas fue afectada por la temperatura más baja, aplicando la Ley de Arrhenius (Ec. 1). El valor utilizado de $\mu_{AUT}=0.25\ d^{-1}$ luego de afectarlo por la temperatura empleando la Ec. 1.

Q_{sob} es el caudal del efluente que proviene del espesador y S_{sob} es la concentración del sustrato que proviene del espesador, para tener en cuenta el aporte de esta corriente en el cálculo del reactor.

b.2.1.2. Balance en microorganismos:

Para bacterias heterótrofas:

Ec. 4

$$Q \Delta X_H = Y_H \cdot (Q_{C20}) \cdot (S_{a\ ent}/f - S_{sef}) - b_H \cdot V_{AER} \cdot X_H$$

Para bacterias autótrofas:

$$Q\Delta X_A = Y_A \cdot [(Q_{C20}) \cdot (N_T - S_{NH4\ ef}) - 0,087 \cdot Q\Delta X] - b_{AUT} \cdot V_{AER} \cdot X_A \quad Ec. 5$$

En las ecuaciones Ec. 4 y 5 los valores b_H y b_{AUT} representan las velocidades de lisis celular de los microorganismos heterótrofos y autótrofos, respectivamente. Los valores utilizados en estas ecuaciones se han corregido por la temperatura de acuerdo a la Ec. De Arrhenius (Ec. 1).

A partir de las ecuaciones anteriores se obtuvo la concentración de DBO soluble del efluente del reactor aeróbico y la concentración de nitrógeno amoniacal:

$$S_{Se\ f} \left(gr/m^3 \right) = \frac{K_{SH} \cdot \left[\frac{1}{\theta_C} + b_H \right]}{\mu_H - \left[\frac{1}{\theta_C} + b_H \right]} \quad Ec. 6$$

Se igualó la Ec. 3 y Ec. 5; luego se trabajaron para obtener la Ec-7.

$$S_{NH4\ ef} \left(gr/m^3 \right) = \frac{K_{NH4} \cdot \left[\frac{1}{\theta_C} + b_{AUT} \right]}{\mu_A - \left[\frac{1}{\theta_C} + b_{AUT} \right]} \quad Ec-7$$

Se reemplazaron los valores definidos en la Tabla 10 en la Ec. 6 y Ec-7 para el cálculo de la concentración de sustrato y de amonio, respectivamente, a la salida del reactor aerobio.

La Ec-8 muestra la fórmula del tiempo de retención celular o edad del fango, el cual representa el tiempo medio de permanencia de los microorganismos en el reactor.

$$\theta_C = \frac{V_{AER} \cdot X_i}{Q\Delta X_i} \quad Ec-8$$

i representa el componente sólido considerado, puede ser X_H , X_A , X_{SS} , X_{SSV} . Se reemplazó la Ec-8 en la Ec. 4 y al trabajarlas se obtuvo la Ec-9.

$$V_{AER} \cdot X_H = \frac{Y_H \cdot (Q_{C20}) (S_{a\ ent/f} - S_{Se\ f}) \cdot \theta_C}{1 + b_H \cdot \theta_C} \quad Ec-9$$

La Ec-10 muestra la producción de biomasa total.

$$Q\Delta X = \frac{(1 + f_{DH} \cdot b_H \cdot \theta_C) \cdot V_{AER} \cdot X_H + (1 + f_{DA} \cdot b_A \cdot \theta_C) \cdot V_{AER} \cdot X_A}{\theta_C} \quad Ec-10$$

Se reemplazó la Ec-8 y la Ec-10 en la Ec. 5, y al trabajarlas se obtuvo la Ec-11.

$$V_{AER} \cdot X_A = \frac{Y_A \cdot [(Q_{C20}) \cdot (N_T - S_{NH4ef}) - 0,087 \cdot \theta_C^{-1} (1 + f_{DH} \cdot b_H \cdot \theta_C) V_{AER} \cdot X_H]}{\theta_C^{-1} + b_A + 0,087 \cdot Y_A \cdot \theta_C^{-1} (1 + f_{DA} \cdot b_A \cdot \theta_C)} \quad Ec-11$$

b.2.1.3. Producción de biomasa inerte:

$$Q\Delta X_{HI} = f_{DH} \cdot b_H \cdot V_{AER} \cdot X_H \quad Ec-12$$

$$Q\Delta X_{AI} = f_{DA} \cdot b_A \cdot V_{AER} \cdot X_A \quad Ec-13$$

b.2.1.4. Producción de fangos totales:

$$Q\Delta X_{SST} = (Q_{C20} + Q_{sob}) \cdot (X_{SSNV,0} + X_{SSVNB,0}) + i_{TSSXI} \cdot (Q\Delta X_{HI} + Q\Delta X_{AI}) + i_{TSSBM} \cdot (Q\Delta X_H + Q\Delta X_A) \quad Ec-14$$

$$Q\Delta X_{SSV} = Q\Delta X_{SST} \cdot i_{TSSBM} \quad Ec-15$$

Los valores de producción de biomasa para las bacterias heterótrofas y autótrofas se calcularon a partir de la implementación de la Ec-8.

En la Tabla 11 se definen los valores de los factores de conversión para convertir las unidades de los componentes, la materia orgánica soluble biodegradable a la salida del decantador secundario ($X_{S\ X_{SST}}$) y el factor de cálculo de la carga másica.

Tabla 11: Factores de conversión

Parámetro	Valor	Unidad
i_{TSSXI}	0,75	$gr\ SST / gr\ O$
i_{TSSXS}	0,75	$gr\ SST / gr\ O$
i_{TSSBM}	0,9	$gr\ SST / gr\ O$
i_{NBM}	0,087	$gr\ N / gr\ O$

El cálculo del volumen del reactor aerobio se realizó al reemplazar en la Ec-16 los grados de libertad fijados en la Tabla 11, el valor del tiempo de retención celular y el valor de la producción de biomasa de la Ec-14.

$$V_{AER} = \frac{Q \Delta X_{SST} \cdot \theta_c}{X_{SST}} \quad Ec-16$$

Donde $X_{SST}=3200$ mg SS/L.

La carga másica es el parámetro que trata de representar la relación existente entre la carga orgánica alimentada al reactor y los microorganismos presentes en él. Se calculó utilizando la Ec-17.

$$C_m = \frac{(Q_{C20}) \cdot (S_{a\ ent})}{Q \Delta X_{SST} \cdot \theta_c} \quad Ec-17$$

La concentración de nitratos a la salida del reactor aeróbico se calculó con la Ec-18:

$$S_{NO3\ ef} = S_{NO3,0} + \frac{\mu_A \cdot S_{NH4ef} \cdot X_A \cdot V_{AER}}{Y_A \cdot (K_{NH4} + S_{NH4ef}) \cdot (Q_{C20} + Q_{sob})} \quad Ec-18$$

Con $S_{NO3,0}=0$ mg N/L.

En la Tabla 12 se muestran los valores obtenidos.

Tabla 12: Valores obtenidos del diseño del reactor de fangos aeróbico a $T=12,5$ °C.

Parámetro/Valor	Valor	Observación
$S_{Sef} \left(\frac{gr\ O}{m^3} \right)$	0,68	DBO ₂₀ efluente
$S_{NH4ef} \left(\frac{gr\ N}{m^3} \right)$	0,78	Nitrógeno amoniacal efluente
$X_H \left(\frac{gr\ O}{m^3} \right)$	3.210	Biomasa heterótrofa viva
$X_A \left(\frac{gr\ O}{m^3} \right)$	42	Biomasa autótrofa viva
$Q \Delta X_H \left(\frac{gr\ O}{d} \right)$	8.649	Fango heterótrofo purgado
$Q \Delta X_A \left(\frac{gr\ O}{d} \right)$	113	Fango autótrofo purgado
$Q \Delta X_{HI} \left(\frac{gr\ O}{d} \right)$	246	Fango heterótrofo inerte purgado
$Q \Delta X_{AI} \left(\frac{gr\ O}{d} \right)$	5	Fango autótrofo inerte purgado

$Q\Delta X_{SST} (gr SST/d)$	8.622	Fango purgado total como SST
$Q\Delta X_{SSV} (gr SST/d)$	8.075	Fango purgado total como SSV
Cm (Kg DBO ₅ /d Kg SSV reactor)	0,08	Carga másica
Cvol (Kg DBO ₅ /d m ³)	0,24	Carga volumétrica
$V_{AER} (m^3)$	32	Volumen reactor aeróbico
$\theta_{HID} (d)$	2,2	Tiempo de retención hidráulico

Para el tiempo de retención celular elegido de $\theta_c = 12$ d, es un proceso de media carga. Para este caso, la carga másica debe estar entre $0,2 < Cm < 0,6$ (Kg DBO₅/d Kg SSV reactor) y la carga volumétrica entre $0,48 < Cv < 0,96$ (Kg DBO₅/d m³). La decisión de utilizar un tiempo de 12 d radica en la baja temperatura reinante durante todo el año, al darle mayor tiempo de permanencia a las bacterias heterótrofas y autótrofas es posible garantizar un mejor tratamiento de los residuos. Los cálculos se hicieron para las dos temperaturas: 12,5 °C y 4,3 °C. Para el mismo $\theta_c = 12$ d, los valores obtenidos muestran un volumen de reactor mayor a la temperatura más alta, por la mayor producción de fango a la elevada T. Se decidió seleccionar dicho volumen de reactor para ser más conservativo.

El volumen del reactor aeróbico se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13: Volumen del reactor.

Parámetro	Valor	Observación
$V_{AEROBIO} (m^3)$	32	Volumen del reactor aerobio

Se propone para cubrir este requerimiento un tanque de 35 m³, con un diámetro de 3,05 m y 5,13 m de altura, con boca de hombre de 400 mm.

b.2.1.5. Relación de recirculación de fangos

$$r = Q_r / Q_e = Q_r / (Q_{c20} + Q_{sob})$$

Mediante la siguiente ecuación se obtuvo la relación r:

$$r = \left(1 - \frac{\theta}{\theta_c}\right) \frac{X_{SST}}{X_{Tr} - X_{SST}}$$

El valor obtenido fue de $r = 0,45$.

b.2.2. Cálculo del reactor anóxico

La inclusión de la predesnitrificación permite eliminar nitrógeno. Este esquema se conoce como AO (anóxico-óxico). En la etapa anóxica se degrada la materia orgánica por acción de las bacterias heterótrofas y se reduce el nitrato a nitrógeno gaseoso. Incorporar una etapa anóxica tiene la ventaja de degradar parte de la materia orgánica empleando como aceptor de electrones el nitrato y se recupera alcalinidad consumida en la nitrificación. A continuación, se muestra el procedimiento de cálculo.

Para el cálculo del volumen del reactor anóxico, se realizaron balances de sustrato, nitrato y de microorganismos. Se consideró la carga de materia orgánica que ingresa al sistema.

b.2.2.1. Balance de sustrato:

$$\left(\frac{[(Q_{C20}S_{a\ ent} + Q_{sob}S_{sob} + 2Q_{C20}S_{sef} + 0.5Q_{C20}S_{sef}) - ((Q_{C20}3.5 + Q_{sob}) S_{sanox})]}{V_{ANOX} \cdot X_H} - \frac{\mu_H \cdot \eta_{no3} \cdot S_{sanox}}{Y_H \cdot (K_S + S_{anox})} \right) = 0 \quad Ec. 19$$

b.2.2.2. Balance de nitrato:

$$\begin{aligned} &2,86 \cdot [((Q_{C20}S_{NO3\ ent} + Q_{sob}S_{NO3\ sob} + 2Q_{C20}S_{NO3\ aer} + 0.5Q_{C20}S_{NO3\ aer}) \\ &\quad - ((Q_{C20}3.5 + Q_{sob}) S_{NO3\ anox}))] \\ &= [(Q_{C20}S_{a\ ent} + Q_{sob}S_{sob} + 2Q_{C20}S_{saer} + 0.5Q_{C20}S_{saer}) \\ &\quad - ((Q_{C20}3.5 + Q_{sob}) S_{sanox})] - (Q \cdot \Delta X_H + Q \cdot \Delta X_{HI}) \end{aligned} \quad Ec. 20$$

2.,86 gr DQO/gr N.

b.2.2.3. Balance de microorganismos:

$$Q \cdot \Delta X_H = Y_H \cdot (Q_{C20} S_{a\ ent} + Q_{sob} S_{sob} + 2Q_{C20} S_{sef} + 0.5Q_{C20} S_{sef}) - ((Q_{C20} 3.5 + Q_{sob}) S_{sanox}) - b_H \cdot V_{ANOX} \cdot X_H \quad Ec. 21$$

$$Q \cdot \Delta X_{HI} = f_{DH} \cdot b_H \cdot V_{ANOX} \cdot X_H \quad Ec. 22$$

Reemplazando la Ec. 21 y la Ec. 22 en la Ec. 20 se obtuvo la que tiene por incógnitas el volumen del reactor anóxico (V_{ANOX}) y la concentración de sustrato a la salida del mismo (S_{S2}).

El cálculo completo del reactor anóxico, se presenta en el Anexo Cálculo de reactores, y a continuación se presentan los resultados obtenidos.

En la Tabla 14 se muestran los datos obtenidos del reactor anóxico y en la Tabla 15 se dan los valores de los tamaños de los reactores, requeridos y lo instalado o a instalar.

Tabla 14: Datos obtenidos del Reactor anóxico a la $T=12,6^{\circ}C$.

Parámetro	Valor	Observación
$S_{sanox} \left(\frac{gr\ O}{m^3} \right)$	138	DBO _u soluble efluente del reactor anóxico
$V_{ANOX} (m^3)$	9	Volumen del anóxico

Tabla 15: Volúmenes de reactores.

Parámetro	Valor requerido	Observación
$V_{AEROBIO} (m^3)$	32	Volumen del reactor aerobio
$V_{ANOX} (m^3)$	9	Volumen del reactor anóxico

El caudal de recirculación interna se recomienda que se encuentre en el intervalo de $(2-4) \cdot Q_{C20}$. El cálculo del reactor anóxico se realizó con una relación de recirculación de 4.

Para el reactor anóxico se optó por un tanque de $23\ m^3$, con un diámetro de 2,9 m y una altura de 2,61 m, fabricado en polietileno virgen con protección U.V y provisto con tapa de inspección de 45,5 cm de diámetro.

b.2.2.4. Agitación reactor anóxico

Cálculo de potencia:

Para el cálculo de potencia del agitador, se toma como referencia lo indicado en la bibliografía de (Metcalf & Eddy, 2003), donde, partiendo de la relación de tiempo de detención y gradiente de velocidad media, podemos obtener la potencia necesaria de agitación.

$$Gt_d = \frac{1}{Q} \sqrt{\frac{P \cdot V}{\mu}} \quad \text{Ec. 23}$$

Despejando la Potencia necesaria P, tenemos:

$$P = \frac{\mu(QGt_d)^2}{V} \quad \text{Ec. 24}$$

Luego, tomando los datos proporcionados por la Tabla 6-6, del Metcalf, tenemos que, para un mezclado rápido, t_d va desde 5 a 20 s y G de 250 a 1.500 1/s, para el cálculo de la Potencia requerida.

TABLA 6-6

Gradiente de velocidad (G) y tiempo de detención típico de los procesos de tratamiento de aguas residuales

Proceso	Intervalo de valores	
	Tiempo de detención	Valor de G, s^{-1}
Mezclado:		
Operaciones de mezcla rápida típicas	5-20 s	250-1.500
Mezcla rápida en procesos de filtración de contacto	< 1-5 s	1.500-7.500
Floculación:		
Procesos de floculación típicamente empleados en el tratamiento del agua residual	10-30 min	20-80
Floculación en procesos de filtración directa	2-10 min	20-100
Floculación en procesos de filtración de contacto	2-5 min	30-150

^a La floculación se produce en el interior de un filtro de medio granular.

Entonces para el cálculo de la P, nos queda:

- μ : Viscosidad dinámica (N.s/m²) = 0,001
- Q: Caudal medio (m³/h) = 0,6
- G: Gradiente de velocidad medio (1/s) = 875 (Se toma un valor medio)

- t_d : Tiempo de detención (s) = 5 (Se adopta el menor tiempo establecido)
- V : Volumen útil del reactor (m^3) = 9

Tomando los valores indicados, y reemplazando en la ecuación, nos queda la potencia de agitación necesaria en:

$$P = 459,38 \text{ W}$$

Luego considerando que $1W = 0,00134102 \text{ Hp}$, nos queda una Potencia de 0,62 Hp

N° Reynolds:

Para lograr un mezclado adecuado es necesario genera condiciones turbulentas dentro del reactor. Por tal motivo, se calculan las revoluciones mínimas necesarias para alcanzar esta condición.

Para alcanzar condiciones de turbulencia se requiere de un n° de Re mayor a 10.000

$$Re = \frac{D^2 n \rho}{\mu} \quad \text{Ec. 25}$$

Donde:

- Re : N° de Reynolds > 10.000
- D : Diámetro del impulsor (m)
- n : revoluciones por segundo del agitador
- ρ : Densidad del fluido (kg/m^3) = 1.000
- μ : Viscosidad dinámica ($N.s/m^2$) = 0,001

Para avanzar con el cálculo es necesario definir el diámetro de la turbina (D).

Tipo de turbina:

Dado que se requiere lograr una mezcla completa y que se trata de un tanque rectangular, se selecciona un tipo de agitador de Turbina de pala inclinada, que genera un mezclado tanto horizontal como vertical.

Proporciones típicas relacionadas al tanque de agitación y al agitador, (Operaciones unitarias en Ingeniería Química, W. McCabe 2002).

Tabla 16: Relaciones típicas para turbinas de agitación.

Parámetro	Relación	Valor obtenido
Diámetro de turbina, según diámetro del tanque	$D_a = \frac{D_t}{3}$	Lado: 4,1 m. $D_a = \frac{D_t}{3} = \frac{2,9 \text{ m}}{3} = 0,97 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$
Largo de la turbina, según diámetro de turbina	$L = \frac{D_a}{4}$	Da: 1 m $L = \frac{0,97 \text{ m}}{4} = 0,25 \text{ m}$
Altura desde el fondo	$E = \frac{D_t}{3}$	Lado: 2,9 m. $D_a = \frac{D_t}{3} = \frac{2,9 \text{ m}}{3} \approx 1 \text{ m}$

Con los valores obtenidos en Tabla 16, y despejando n de la ecuación Ec. 25, nos queda:

$$n = \frac{\mu Re}{D^2 \rho} = \frac{0,001 \left(\frac{Ns}{m^2} \right) \times 10.000}{(1m)^2 \times 1.000 \left(\frac{kg}{m^3} \right)} = 0,01 \frac{rev}{s} = 0,60 rpm$$

Por último, siguiendo la recomendación del planteada en la bibliografía consultada sobre Ingeniería de aguas residuales (Metcalf & Eddy, 2003), y dado que no es posible realizar la verificación empírica de los resultados obtenidos, se consultó con una empresa proveedora de agitadores industriales, que propone la instalación del siguiente equipamiento:

Agitador de paleta, con motor eléctrico trifásico normalizado IEC, de 3 HP a 960 rpm, 100% blindado, con protección IP 55, aislación clase F, 3x380 Volt, 50 Hz, marca de 1ª calidad.

Otras especificaciones:

- Eje agitador $\varnothing 38,1 \text{ mm.}$ (1 1/2 "), longitud útil 2500 mm., en acero inoxidable AISI-304. Longitud definitiva según tanque.
- Una hélice de tres palas tipo marino modificada, $\varnothing 500 \text{ mm.}$, en acero inoxidable AISI-316. Fijación al eje agitador mediante prisioneros en acero inoxidable.

- Buje guía del eje agitador, realizado en polipropileno, con portabuje de acero inoxidable AISI-304 con 3 agujeros para fijación.
- Velocidad de rotación del eje agitador 280 rpm.

Luego de comparar los resultados obtenidos del cálculo y el equipamiento propuesto por el proveedor, se observa que:

Tabla 17: Agitador reactor anóxico.

Parámetro	Calculado	Propuesto proveedor	Observaciones
Potencia (Hp)	0,62	3	Cumple
Diámetro de agitador (m)	1	0,5*	Cumple (Se consideran las 3 palar propuestas por el proveedor)
Velocidad de agitación (rpm)	0,60	280	Cumple

b.2.2.5. Cálculo de la aireación

Para el cálculo de las necesidades de oxígeno se siguió el procedimiento propuesto por ENOHSA del Proceso de media carga orgánica másica con los valores reales obtenidos del cálculo del reactor biológico en relación a la producción de biomasa, respiración endógena y nitrificación. Se consideró además el proceso de nitrificación y se descontó del oxígeno equivalente el que no se consume por la generación del proceso de desnitrificación.

$$DO = (a' * Q * (Sa - Se) + b' * X * V + c' * A_{NIT} * E_N - d' * A_{NIT} * E_N * E_D) / 1000 =$$

Donde:

DO= demanda de oxígeno para síntesis, respiración endógena y nitrificación, considerando denitrificación (KgO₂/d)

a'	=	0,45 a 0,55 KgO ₂ producido por día/kgDBO ₅ .
b'	=	0,05 a 0,10 KgO ₂ /d*KgSS.
Q	=	Caudal de diseño (m ³ /d).
Sa	=	Concentración de DBO ₅ del líquido afluente al reactor (Kg DBO ₅ /m ³).
Se	=	Concentración de DBO ₅ del líquido efluente del reactor (Kg DBO ₅ /m ³).
X	=	Concentración de sólidos suspendidos totales en el reactor (en kg SSTA/m ³).
V	=	Volumen del líquido del reactor (m ³).
c'	=	4,57 Kg O ₂ /Kg nitrógeno nitrificable (nitrógeno KJELDAHL).
A _{NIT}	=	gN/d nitrógeno nitrificable
E _N	=	Eficiencia en nitrificación.

$D' = 0,625$ $c' = 2,86 = \text{Kg O}_2/\text{Kg nitratos denitrificados}$.

$ED = 0,80 = \text{eficiencia en denitrificación}$

Se muestran en la Tabla 18 los valores considerados y la demanda de oxígeno necesaria.

Tabla 18: Cálculo de las necesidades de aire en el reactor aeróbico.

Parámetro	Valor	Definición
a'	0,55	Kg O producido /Kg DBO5 removido
b'	0,1	Kg O/dKgSS
c'	4,57	Kg O/Kg N nit
$A_{\text{NIT}} = Q_{C20} * N_{\text{TotalEntrada}} = 14,4 \text{ m}^3/\text{d} * 95.7 \text{ gN/m}^3$	1.378	gN/d. Este valor se obtuvo de los datos de nitrógeno nitrificado en el cálculo del reactor aeróbico y es el que se consideró para el cálculo de la aireación
$En = (95,7 - 1 - 0,68 \text{ gN/m}^3) / (95.7 \text{ gN/m}^3)$	0,99	Eficiencia de nitrificación, es coherente con la nitrificación calculada en el reactor aeróbico
d'	2,86	Kg O/Kg N-NO ₃ desnitrificado
Ed	0,80	eficiencia de desnitrificación
DO	17,8	Kg O/d (demanda de oxígeno para el proceso aeróbico) Esta demanda considera la eliminación de materia orgánica, la respiración endógena, nitrificación y desnitrificación.

b.2.2.5.1. Sistema de aireación reactor aeróbico

Con el objeto de cubrir las necesidades de oxigenación en el reactor aeróbico, se instalarán difusores de membrana de burbuja fina modelo RG-300 de la marca Repiky o similar, y un soplador de aire con las siguientes características.

Dimensiones de Reactor Aerobio y cálculo de difusores.

Tanque de aireación existente: **TKE-Aero**

Dimensiones:

- Altura de pelo de agua: 4,60 m
- Diámetro: 3,05 m
- Superficie: 7,31 m².

Requerimiento de oxígeno: Según los datos mostrados en la Tabla 18, se requieren 17,79 KgO₂/d, a los fines del cálculo el requerimiento se lleva a 20 KgO₂/d para el cálculo de la cantidad de difusores, según lo indicado por el fabricante, se toma el doble del

requerimiento, por lo tanto, el cálculo se realiza con un requerimiento de 40 KgO₂/d lo que equivale a 1.666,67 gO₂/h,

Utilizando como referencia la ficha técnica del difusor mencionado, se toma como base una alimentación de aire de 5 Nm³/h, Tabla 20, para un arreglo de 1 Dif/m², de la Figura 22, se pudo obtener el %SOTE de 5,9%, lo que equivale a 82,6 gO₂/h.m.dif, correspondiente a la curva 5. Cabe mencionar que, cada 1 Nm³ de aire se entregan 280 gO₂.

Tabla 19: %SOTE por difusor reactor aeróbico.

Densidad	1	dif/m ²	
Caudal de diseño	5,00	Nm ³ /h	
%SOTE equivalente	5,9%	82,6*	gO ₂ /h.m.dif

$$(*) 5\text{Nm}^3/\text{h} \times 5,9\% \times 280\text{gO}_2 = 82,6 \text{ gO}_2/\text{h.m.dif}$$

Luego tomando la superficie de TK-Aero, una densidad de 1 dif/m² y la altura del pelo de agua la cantidad de oxígeno suministrada estará dada por:

$$Ox[gO_2/h] = Ox(SOTE) \left[\frac{gO_2}{h.m.dif} \right] * A[m] * Cantidad\ de\ difusores[dif]$$

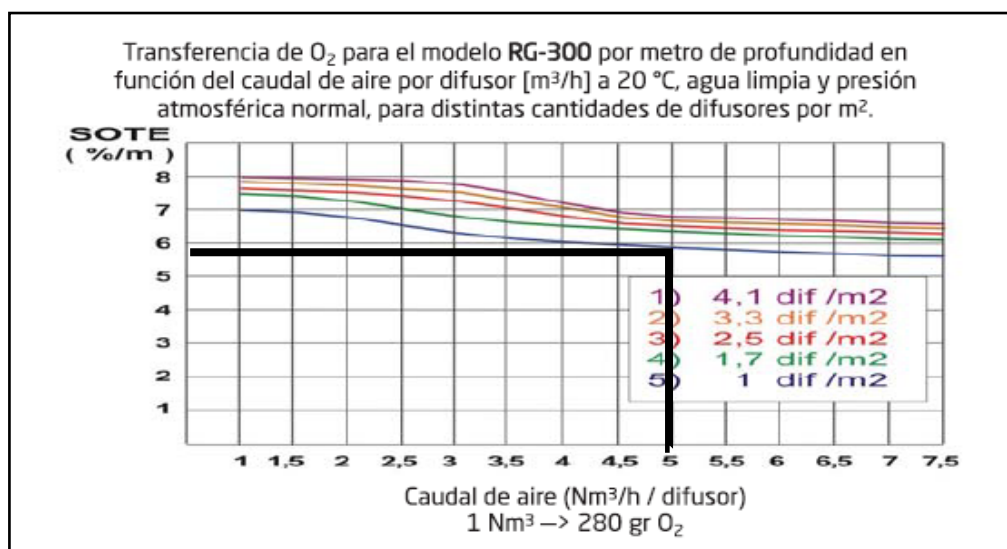


Figura 22 Transferencia de Oxígeno para el modelo RG-300.
(Fuente: Ficha técnica REPICY modelo RG-300)

Tabla 20: Datos difusor RG-300 Repicky

Rango de caudal:	2 a 8 Nm ³ /hora
Caudal de diseño:	5 Nm ³ /hora
Pérdida de carga:	20 mbar para 2 Nm ³ /hora 40 mbar para 5 Nm ³ /hora 70 mbar para 8 Nm ³ /hora
Densidad:	1 a 6 difusores/m ²
SOTE:	15,4 gr. (5,5%) a 22,4 gr. (8%) por m ³ /h de aire y por m de profundidad.
Eficiencia de transferencia de O ₂ :	2,5 – 6 Kg. O ₂ /Kwh

Fuente: Ficha técnica REPICY modelo RG-300

Aplicando la ecuación anterior, nos queda:

Tabla 21: Cálculo de difusores.

Parámetro	Valor	Unidad	Observaciones
Oxígeno requerido	1.666,67	gO ₂ /h	
Oxígeno x difusor	82,6	gO ₂ /h.m.dif	Tabla 18.
Altura	4,60	m	Altura pelo de agua
Cantidad de difusores	8	difusores	
Superficie	7,31	m ²	
Arreglo de difusores	1	Dif/m ² .	
Caudal de aire	0,67	Nm ³ /min	CUMPLE –Supera 0,58 m ³ /min requerido

Tabla 22: Aireación esperada en Digestor Aeróbico

Tanque	Difusores	Oxígeno (SOTE) equivalente gO ₂ /h.m.dif.	Altura A (m)	Ox (gO ₂ /h)
TKE-Aero	8	82,6	4,60	3.039,68
Total, Requerido				1.666,67
Verifica				SI

Tabla 32 y Tabla 21, se puede observar que en las condiciones operativas planteadas se logra una relación de caudal de aire de 0,67 m³/min, superior a lo necesario de 0,58 m³/min, con lo cual se asegura la condición necesaria para la mezcla.

En la Tabla 22, se puede observar que se supera el requerimiento de oxígeno del digestor aeróbico, dado que se debe cumplir la doble condición de **aireación y mezclado**. Por otra parte, luego de consultar con el proveedor y dada la geometría del sistema, sugiere utilizar dos grillas de 5 difusores cada una, dando un total de 10 difusores.

Soplador de aire

Se completa este ítem en el apartado del digestor aeróbico, ya que, consultando con el proveedor, es factible utilizar solo un equipo que cubra la necesidad de toda la planta.

b.2.2.6. Aporte de Alcalinidad

Para lograr la nitrificación del nitrógeno orgánico y el amonio será necesario controlar y aportar alcalinidad suficiente. Se recomienda mantener un pH de 7,2 ó superior. Cada g/m^3 de N-NH_4^+ oxidado provoca una disminución de $7,14 \text{ g}/\text{m}^3$ de alcalinidad expresada como CaCO_3 y la desnitrificación permite recuperar alcalinidad. Del libro Metcalf y Eddy, 1995, Tabla 3.16, se consideró la alcalinidad (Alk) presente en un agua residual de calidad fuerte de un valor de $200 \text{ gr CaCO}_3/\text{m}^3$.

- $\text{Alk ingreso} = 200 \text{ gr CaCO}_3/\text{m}^3 * 14,4 \text{ m}^3/\text{d} = 2880 \text{ gr CaCO}_3/\text{d}$
- $\text{Alk nitrificación} = 0,99 \times \text{ANIT} \times 7,14 = 0,99 \times 1378 \times 7,14 \text{ gr CaCO}_3/\text{d} = 9741 \text{ gr CaCO}_3/\text{d}$
- $\text{Alk desnitrificación} = 0,80 \times \text{ANIT} * 3,57 \text{ gr CaCO}_3/\text{d} = 3936 \text{ gr CaCO}_3/\text{d}$

Para garantizar un funcionamiento adecuado del proceso, es necesaria una alcalinidad remanente de $50 \text{ gr CaCO}_3/\text{m}^3$ (del libro Tratamiento biológico del agua residual de José Ferrer Polo y Aurora Seco, UPV).

- $\text{Alk remanente} = 50 \text{ gr CaCO}_3/\text{m}^3 * 14,4 \text{ m}^3/\text{d} = 720 \text{ gr CaCO}_3/\text{d}$

Para calcular la alcalinidad a agregar se consideró la siguiente ecuación:

$$\text{Alk remanente} = \text{Alk ingreso} - \text{Alk nitrificación} + \text{Alk desnitrificación} + \text{Alk adicionar}$$

Entonces:

$$\text{Alk adicionar} = \text{Alk remanente} - \text{Alk ingreso} + \text{Alk nitrificación} - \text{Alk desnitrificación}$$

$$\text{Alk adicionar} = 720 - 2880 + 9741 - 3936 = 3645 \text{ gr CaCO}_3/\text{d} = 3,654 \text{ Kgr CaCO}_3/\text{d}$$

En la Tabla 23 se muestran los datos obtenidos del cálculo de la necesidad de CaCO_3 diario.

Tabla 23: Cálculo aporte de Alcalinidad para garantizar nitrificación.

Variable	Valor	Unidad
Alcalinidad entrada	200	Valor considerado ($\text{gr/m}^3 \text{CaCO}_3$), Tomando como referencia lo indicado en la bibliografía consultada de: Ingeniería de Aguas Residuales, Metcalf y Eddy,
Alcalinidad adicionar	3,645	$\text{Kg CaCO}_3 / \text{d}$

b.2.2.7. Requisitos de nutrientes

Para el proceso biológico de degradación de residuos es necesaria la presencia de ciertos nutrientes (N, P, Ca, Mg, etc). La mayoría de los nutrientes son necesarios en cantidades traza y suelen estar presentes en las aguas residuales. Sin embargo, muchas aguas residuales industriales son deficitarias en N y P, siendo necesaria su adición. Una estimación de las cantidades necesarias de estos nutrientes se basa en que el fango activado (X) contiene aproximadamente un 1,7 % de su peso seco como P y un 8,7 % como N. Por otra parte, las concentraciones mínimas de N y P a mantener en el efluente se estiman normalmente como 1,0 y 0,5 mg/L respectivamente. Por lo tanto, las cantidades necesarias son:

$$\text{Nitrógeno: } 0.087Q\Delta X + Q \text{ (g/d) Ec. 26}$$

$$\text{Fósforo: } 0.017Q \Delta X + Q 0.5 \text{ (g/d) Ec. 27}$$

estando $Q\Delta X$ en g/d y Q en (m^3/d). La cantidad $Q\Delta X$ es la biomasa purgada del sistema y se obtiene en el procedimiento de cálculo del reactor aeróbico (Ec-10).

Las cantidades de N y P disponibles pueden calcularse directamente a partir de la concentración total de nitrógeno Kjeldahl y de fósforo presentes en el agua alimento. Para la adición de nutrientes suelen utilizarse urea, H_3PO_4 o $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$. En la Tabla 24 se muestran los requisitos de fósforo y nitrógeno y el disponible de cada uno. Se aprecia que el fósforo que se alimenta no es suficiente, por lo tanto, deberá adicionarse la diferencia.

Tabla 24: Cálculo de Nitrógeno y Fósforo necesario y disponible.

Variable	Valor	Unidad
Requisito de P	160,4	g P/d
Fósforo disponible	16,8	g P/d
Requisito de N	798,6	g N/d
Nitrógeno disponible	1378,1	g N/d

Dado que se necesitan agregar 143,6g P/d, se puede compensar añadiendo al reactor anóxico 18,91 g H₃PO₄/h.

b.2.3. Decantador Secundario

En esta sección se muestra el diseño del decantador secundario. Se siguió el procedimiento establecido en la norma ENOHSA.

El área A superficial de los sedimentadores secundarios en plantas de barros activados resultará de aplicar las siguientes expresiones, adoptándose el mayor valor de la Ec. 28:

$$A_1 = \frac{Q_{III(med)} \cdot X}{C_{SS(med)}}$$

$$A_2 = \frac{Q_{III(max)} \cdot X}{C_{SS(max)}} \quad \text{Ec. 28}$$

$$A_3 = \frac{(Q_{III(med)} - Q_R) \cdot F_v F_{TX}}{V_{0(med)}}$$

$$A_4 = \frac{(Q_{III(max)} - Q_{R(max)}) \cdot F_v F_{TX}}{V_{0(max)}}$$

Con:

X: Concentración de sólidos suspendidos totales en el tanque de aireación (Kg SSTA/m³ o mg/L)

F_v: Factor de corrección por influencia del vertedero. Los valores están especificados en el Cuadro 11.4.4 del ENOHSA. En el sedimentador tipo DORTMUND F_v = 1,00.

F_{TX}: Factor de corrección por influencia de la temperatura T°C y de la concentración de sólidos suspendidos totales X en el tanque de aeración. Los valores están especificados en el cuadro 11.4.10 del ENOHSA.

V₀: Carga superficial hidráulica para T = 20°C (m³/m².d). En el cuadro 11.4.9 del ENOHSA se establecen los valores de V_{0(máx)} que corresponde a Q_{D20} y V_{0(máx)} que corresponda a Q_{C20}.

Q_{III(máx)}: Caudal máximo de ingreso a los sedimentadores secundarios: Q_{III(máx)}= Q_a + Q_{R(máx)}

donde:

$Q_a = Q_{D20}$ = caudal máximo diario a 20 años $Q_{R(máx)} = 1,43$ a $1,54$ Q_{C20} = caudal máximo de recirculación, de barros activados o Q_R = caudal de recirculación de diseño.

$Q_{III(med)}$: Caudal medio de ingreso a los sedimentadores secundarios: $Q_{III(med)} = Q_a + Q_R$

donde:

$Q_a = Q_{C20}$ = caudal medio diario a 20 años.

Q_R = caudal de recirculación de diseño.

$C_{ss(med)}$: Carga superficial másica media para Q_{C20} ($Kg_{ss}/d \cdot m^2$). Los valores están especificados en el Cuadro 11.4.8 del ENOHSA.

$C_{ss(máx)}$: Carga superficial másica máxima para Q_{D20} ($Kg_{ss}/d \cdot m^2$). Los valores están especificados en el Cuadro 11.4.8 del ENOHSA.

$r = Q_R / Q_{C20}$ Relación de recirculación de diseño.

X_R : Concentración de sólidos suspendidos totales SS en las tolvas de los sedimentadores secundarios. Se espera una concentración máxima $X_R = 9 \text{ Kg SS}/m^3$ (9000 mg/L).

IVL: $1000 / X_R$ = índice volumétrico del lodo (índice MOHLMAN). Se aceptará $IVL_{máx} = 125 \text{ mL/g}$,

$C: 1000 / (X \cdot IVL) = X_R / X$ = índice de compactación del lodo.

$R: 1 / (C - 1) = Q_R / Q_{C20}$ = recirculación de diseño (adimensional).

$r_{máx} = K \cdot r / \alpha_1$ = relación máxima de recirculación.

$K = Q_{Ri} / Q_R$ = relación, en donde:

Q_{Ri} = caudal de recirculación instalado

Q_R = caudal de recirculación de diseño

$\alpha_1 = Q_D / Q_C$ = coeficiente de pico diario que varía entre 1,3 y 1,4.

Se muestran en la Tabla 25 los valores mínimos, obtenidos para un Decantador Secundario con decantación por pendiente.

Tabla 25: Datos considerados y obtenidos del Decantador Secundario.

Parámetro	Valor	Unidad/Observación
QIII_med dec sec	24	(m ³ /d) Q _C +Q _{rec med} , con Q _C =14,4 m ³ /d
QIII_max dec sec	35,8	(m ³ /d) Q _D + Q _{rec med} , con Q _D =14,4 m ³ /d
Número de Decantadores	1,00	
Diámetro Dec Sec Ini	1,64	Propuesta inicial de Decantador Secundario
Factor Rec Max	1,49	de recirculación máximo Promedio de 1,43 y 1,54 de Q _{C20}
Q _r med diseño	9,6	(m ³ /d)
Q _r max	21,4	(m ³ /d)
Css(med) dec sec	140	<= carga superficial media para Q _{C20} (KgSS/d m ²) (11.4.8 del ENOHSA.) Salvo Aireación prolongada
Css(max) dec sec	220	<= carga superficial máxima para Q _{D20} (KgSS/d m ²) (11.4.8 del ENOHSA.) Salvo aireación prolongada
X tanque fangos	3.200	(mgSS/L) tanque de aireación
Fv dec sec	2,41	calculado
FTX dec sec frio 3000 (T=4,6°C)	1,46	Factor de corrector por T y X (11.4.10 del ENOHSA.)
FTX dec sec frio 4000 (T=4,6°C)	1,36	Factor de corrector por T y X (11.4.10 del ENOHSA.)
Vo max dec sec	40	carga superficial hidráulica max (m ³ /m ² d)T=20°C para Q _{D20}
Vo med dec sec	24	carga superficial hidráulica med (m ³ /m ² d)T=20°C (Q _{C20})
r diseño	0,67	Q _R diseño/Q _{C20} relación de recirculación de diseño
r diseño	0,67	1/(C-1)
XR fondo sed 2	9	conc de SST en fondo (9 KgSS/m ³)
IVL	125	(mL/g) IVL=1000/XR; Valor máximo aceptado para buena sedimentabilidad
C Dec Sec	2,5	índice de compactación del lodo adimensional 1000/X/IVF
rmax dec sec	0,48	K*r/alfa1
K	1	Q _{ri} /Q _R
A1	0,55	(m ²)
A2	0,52	(m ²)
A3	2,11	(m ²)
A4	1,27	(m ²)
Área mayor decantador	2,11	(m ²) Este es el área útil circular
Radio Dec Sec	0,82	(m)

Diámetro Dec Sec	1,64	(m); (Debe ser igual al valor inicial propuesto)
Long Vertedero Dec sec	5,15	(m)
Qvmed a Qc	2,79	(m ³ /d m) <=120 Verifica Cuadro 11.4.12 Norma ENOHSA
Qvmax a QD	2,79	(m ³ /d m) <=290 Verifica Cuadro 11.4.12 Norma ENOHSA
Tiempo de retención hidráulica (TRH) a Qc	2	H >= 2 h Para QC20 para decantador por pendiente
Volumen Dec Sec	1,20	Qc/24 * TRH (m ³)
H min	0,57	(m) >= 2 m por gravedad - No Verifica
H min propuesto	2,5	(m) se adopta para cumplir H min.
Volumen Dec Sec	5,28	(m ³) mínimo
Tiempo de retención hidráulica a Qc	8,81	(h) > 2 h

El Decantador Secundario diseñado tiene un área mínima de 2,11 m² de planta circular y una altura de nivel de líquido superior a 2 m.

Luego se verifico el dimensionamiento del decantador considerando el caudal total de 1,2 m³/h, y se observa que las dimensiones propuestas cumplen para el requerimiento de máximo caudal, para ello se comprueban el Qvmed y el TRH con el caudal máximo.

Tabla 26: Verificación del decantador a caudal máximo. 1,2 m³/h

Qvmed a Qc	5,58	(m ³ /d m) <=120 Verifica Cuadro 11.4.12 Norma ENOHSA	Verifica
Tiempo de retención hidráulica (TRH) a Qc	4,4	H >= 1.5 h Para QC20	Verifica

Tomando en consideración los valores mínimos, se propone utilizar un decantador de 2,1 m de diámetro, cono de 1,4 m de altura y cilindro de 2,1 m, fabricado con Polietileno Alta Densidad.

b.2.4. Calidad del efluente de salida de la planta

Se calculó la calidad del efluente al considerar las ecuaciones de balance. En la Tabla 27 se muestra la calidad del efluente como resultado del proceso de la planta diseñada.

Tabla 27: Calidad del efluente del decantador secundario.

Parámetro	Valor	Observación
$S_{NH_4} \left(\frac{gr}{m^3} \right)$ Nitrógeno amoniacal	0,8	Nitrógeno amoniacal
$S_{NO_3} \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	10,5	Nitrógeno como nitrato, del balance considerando la desnitrificación en el anóxico y la nitrificación en el reactor aeróbico.
$N_{org} \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	3,4	Nitrógeno orgánico
Nt	13,9	Nitrógeno total = $N_{org} + S_{NO_3}$
$S_{PO_4} \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	0,5	Fósforo como fosfatos
$P_T \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	0,5	Fósforo total
$X_{SST} \left(\frac{gr\ SST}{m^3} \right)$	30,0	Sólidos suspendidos en el efluente
$DQO_{TOTAL} \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	58,8	Demanda Química de Oxígeno
$DBO_5 \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	31,2	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días a 20° C.

b.2.5. Espesador

Para el tratamiento de los fangos se diseñó un espesador previo a la digestión aerobia, por la baja concentración de sólidos del fango purgado que no asegura un flujo de aire que permita mezclar. Se siguió el procedimiento de ENOHSA y del Metcalf & Eddy, 2003.

En la Tabla 28 se muestran los resultados obtenidos a través del procedimiento de cálculo realizado.

Para calcular el caudal de fango purgado del decantador secundario se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{purgado} = \frac{(Vol\ aer + Vanox) * Xtss}{\theta_c * X_r * 1000} = \frac{(32\ m^3 + 9\ m^3) * 3200\ gr\ SS/m^3}{12\ d * 9\ Kg/m^3 * 1000}$$

$$= 1,22\ m^3/d$$

Tabla 28: Datos obtenidos del diseño del Espesador.

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Caudal fango purga	1,22	m ³ /d	Tiene en cuenta el fango purgado del fondo del Decantador Secundario.
X_{SST} digerir	11,02	Kg SST/d	
Gravedad específica	1,005	Kg/m ³	De Tabla

Kg sólidos secos a digerir/d	11,08	Kg SST/d	
Carga de sólidos espesador	30	Kg /m ² d	Fango a espesar Lodo activado solo 20-40 Kg /m ² d
Área	0,37	m ²	
Carga hidráulica	3,32	m ³ /m ² d	4 - 8 m ³ /m ² d para lodos activados solo
Radio espesador	0,34	m	
Diámetro	0,69	m	
Carga de sólidos del espesador final	30,00	Kg /m ² d	Verifica: 20- 40 Kg/m ² d
Carga hidráulica final	3,32	m ³ /m ² d	
SST espesado	2,50	%	De la Tabla 14.19, Metcalf & Eddy, 2003.
X _{SST} espesado	25,00	gr/1Kg	
X _{SST} espesado	25.000	gr/m ³	1.000 Kg/m ³
X _{SST} espesado	25,00	Kg/m ³	
Caudal espesado	0,44	m ³ /d	A digester anaeróbico
Caudal sobrenadante a cabeza de planta	0,78	m ³ /d	Esto sale a cabeza de planta y se consideró en el diseño del reactor.
Altura de líquido	3	m	Mínima para espesador por gravedad 3 m
Tiempo de retención hidráulica	6	d	Rango mínimo 5 días y máximo 10 días.
Volumen espesador	7,32	m ³	Que incluye el fondo con una altura de cono de 0,9 m (de acuerdo a ENOHSA).
Diámetro requerido	2,1	m	Con el objeto de cumplir con el TRH mínimo para espesador por gravedad, se recalcula el diámetro del espesador.
Captura de sólidos	85,00	%	
No espesados	1,66	Kg SST/d	Esto se tiene en cuenta en la recirculación a cabeza de planta al ingreso al reactor biológico.

Para el caso del espesador, en caso de duplicar el caudal de alimentación, será necesario instalar un segundo equipo de iguales características, dado que el propuesto no cumple con la condición de almacenamiento y altura mínima requerida.

b.2.6. Digestor aeróbico

El digestor aeróbico se diseña para estabilizar los sólidos espesados con el objetivo de lograr entre un 38 a un 50% de reducción de sólidos suspendidos volátiles. Se considera una reducción del 40%. Metcalf & Eddy recomiendan un mínimo de 520 °C*d para lograr dicho objetivo. En el mes más frío del año la temperatura media es de 4,3°C, con este valor, el tiempo de retención de sólidos es $\theta = 520 \text{ °C} \cdot \text{d} / 4,3 \text{ °C} = 120 \text{ d}$ para la eliminación de patógenos.

El volumen del tanque de digestor se puede calcular por la ecuación:

$$V = \frac{Q_{\text{espesado}}(X_i)}{X \left(K_d P_v + \frac{1}{\theta} \right)}$$

donde V = volumen del digestor aeróbico, m³

Q_i = caudal para digerir, m³/d (0,44 m³/d)

X_i = sólidos suspendidos de la corriente a digerir, g/m³ o mg /L, 25.000 gr/m³.

X = sólidos suspendidos del digestor g/m³ o mg /L, se considera que es el 70% de la concentración de solidos suspendidos de la corriente espesada

k_d = 0.05 1/d, constante de velocidad de reacción. 1/d

P_v = fracción volátil de los sólidos en suspensión dentro del digestor, 0,8

θ = tiempo de retención de sólidos, 120 d

La necesidad de oxígeno para la oxidación completa del tejido celular (incluida la nitrificación), calculada con las ecuaciones:

Dstrucción de la biomasa:



Nitrificación



Lo cual genera un consumo de oxígeno de 2,3 kg O/kg de SSV.

$$V_{\text{digestor}} = \frac{0,44 \frac{m^3}{d} (25.000 g/m^3)}{0,7 * 25.000 g/m^3 \left(0,05 \frac{1}{d} * 0,8 + \frac{1}{120d} \right)} = 33 m^3$$

En la condición de temperaturas más bajas: T_{frio} * θ = 4,3 °C*120d=520°C*d

Luego tomando en consideración la Figura 23, obtenido del Metcalf y Eddy (Fig 14:31)

Se obtiene una reducción de sólidos volátiles de 40%, lo cual cumple con la condición de reducir por lo menos el 40%.

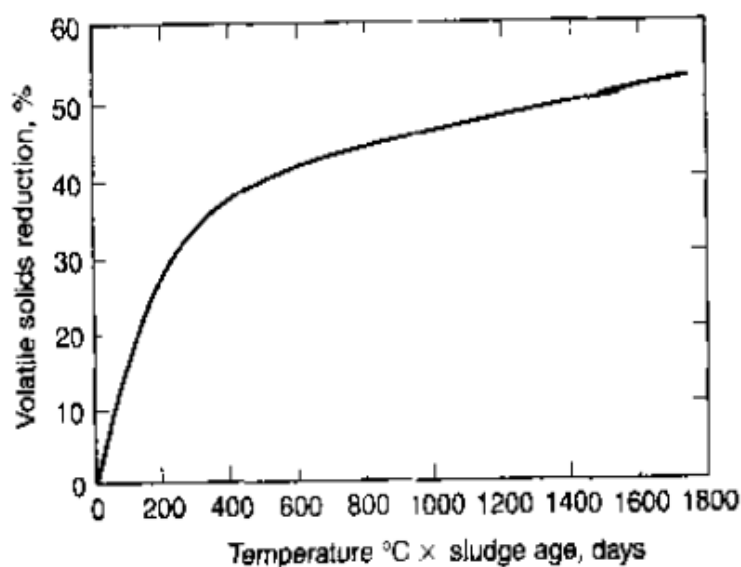


Figura 23: Volumen de sólido reducido vs temperatura. Metcalf y Eddy (Fig 14:31)

Los sólidos suspendidos a digerir son por día: 9,36 Kg SST/d

De esta cantidad se tiene un 80% de SSV, con lo cual a digerir se tienen 7,49 Kg SSV/d

La reducción en SSV será en los meses más fríos: 3,00 Kg SSV/d

Para calcular la demanda de oxígeno, se necesitan 2,3 kg O₂/kg de SSV,

La cantidad de oxígeno necesaria será: 6,89 Kg O₂/d

En la Tabla 29 se muestra el procedimiento de cálculo realizado con los valores obtenidos, siguiendo el procedimiento de la norma ENOHSA y el Metcalf & Eddy, 2003.

Tabla 29: Datos obtenidos en el procedimiento de cálculo del diseño del Digestor aeróbico.

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Demanda O ₂ digestor	2,3	Kg O ₂ /Kg SSV	
Demanda de O ₂	6,89	Kg O ₂ /d	
P	1.01E+05	N/m ²	
Peso molecular	28,97	Kg /Kg mol	
R constante de los gases	8.314	N m /Kg mol °K	
Densidad del aire T=4,3°C	1,272	Kg /m ³	
Caudal aire	23,34	m ³ /d	
Ef transferencia O ₂	0,10		
Caudal de aire	0,17	m ³ /min	
Volumen del digestor	33	m ³	

Caudal de aire/volumen	0,00506	m ³ /min m ³	No cumple para un buen mezclado, de acuerdo a la Tabla 14-34, Metcalf & Eddy, 2003. El caudal debe estar entre 0,02 y 0,04 m ³ /min m ³
Caudal de aire requerido	33 x 0,02 = 0,66	m ³ /min	mínimo
Caudal de aire/volumen	0,02	m ³ /min m ³	Si cumple para un buen mezclado, de acuerdo a la Tabla 14-34, Metcalf & Eddy, 2003.
Carga másica volumétrica	0,23	Kg SSV/m ³ d	< 3.5 Kg SSV/d m ³

Se propone para cubrir este requerimiento un tanque de 35 m³, con un diámetro de 3,05 m y 5,13 m de altura, con boca de hombre de 400 mm.

b.2.6.1. Sistema de aireación digestor aeróbico

Con el objeto de cubrir las necesidades de oxigenación y de mezclado, en el digestor aeróbico, se instalarán difusores de membrana de burbuja fina modelo RG-300 de la marca Repiky o similar, y un soplador de aire con las siguientes características.

Dimensiones de Reactor Aerobio y cálculo de difusores.

Tanque de aireación existente: **TKE-D.Aero**

Dimensiones:

- Altura de pelo de agua: 4,6 m
- Diámetro: 3,05 m
- Superficie D. Aeróbico: 7,31 m².

Requerimiento máximo de oxígeno: 6,89 kgO₂/d, según se extrae de la Tabla 29, que, tomando la recomendación del fabricante para el dimensionamiento de la cantidad de difusores, se debe tomar como base de cálculo el doble del valor requerido, lo que equivale a 14 kgO₂/d o 583 gO₂/h.

Tomando como referencia la ficha técnica del difusor mencionado, y una alimentación de aire de 5 Nm³/h, Tabla 20, para un arreglo de 1 Dif/m², de la Figura 22, se pudo obtener el %SOTE de 5,9%, lo que equivale a 82,6 gO₂/h.m.dif, correspondiente a la curva 5. Cabe mencionar que, cada 1 Nm³ de aire se entregan 280 gO₂.

Tabla 30: %SOTE por difusor digestor aeróbico.

Densidad	1	dif/m ²	
Caudal de diseño	5,00	Nm ³ /h	
%SOTE equivalente	5,9%	82,6*	gO ₂ /h.m.dif

$$(*) \text{ 5Nm}^3/\text{h} \times 5,9\% \times 280\text{gO}_2 = 82,6 \text{ gO}_2/\text{h.m.dif}$$

Luego tomando la superficie de TKE-D.Aero, la altura del pelo de agua, la cantidad de oxígeno suministrado por difusor, obtenemos la cantidad de difusores necesarios.

$$Ox[gO_2/h] = Ox(SOTE) \left[\frac{gO_2}{h.m.dif} \right] * A[m] * Cantidad \text{ de difusores}[dif]$$

Tabla 31: Cálculo de difusores.

Parámetro	Valor	Unidad	Observaciones
Oxígeno requerido	583	gO ₂ /h	
Oxígeno x difusor	82,6	gO ₂ /h.m.dif	Tabla 18.
Altura	4,60	m	Altura pelo de agua
Cantidad de difusores	8	difusores	
Superficie	7,31	m ²	
Arreglo de difusores	1	Dif/m ² .	
Caudal de aire	0,67	Nm ³ /min	CUMPLE – Tabla 29 Supera 0,66 m ³ /min requerido

Tabla 32: Aireación esperada en Digestor Aeróbico

Tanque	Difusores	Oxígeno (SOTE) gO ₂ /h.m.dif.	Altura A (m)	Ox (gO ₂ /h)
TKE-D.Aero	8	82,6	4,60	3.039,68
Total, Requerido				583
Verifica				SI

Tabla 32 y Tabla 31, se puede observar que en las condiciones operativas planteadas se logra una relación de caudal de aire de 0,67 m³/min, superior a lo necesario de 0,66 m³/min, con lo cual se asegura la condición necesaria para la mezcla.

En la Tabla 32, se puede observar que se supera ampliamente el requerimiento de oxígeno del digestor aeróbico, dado que se debe cumplir la doble condición de **aireación y mezclado**. Por otra parte, luego de consultar con el proveedor y dada la geometría del sistema, sugiere utilizar dos grillas de 5 difusores cada una, dando un total de 10 difusores.

Soplador de aire:

Tomando en consideración la información suministrada por el fabricante, para la selección del soplador, se deben tomar 100 mbar por sobre la columna de líquido, en este caso se logra utilizando en todo el sistema de aireación cañerías de 2".

Además, mencionar que es factible utilizar un soplador que cubra la operación completa de requerimiento de aire, dado que ambos equipos (Reactor aeróbico y Digestor aeróbico) tienen igual altura de columna de agua.

Tabla 33: Dimensionamiento soplador de aire.

Cálculo de soplador		
Altura de líquido	4,60	m
Presión de columna de agua	452*	mbar
Presión requerida	552	mbar
Caudal total de aire (RA + DA)	100	Nm ³ /h
Soplador	600	mbar
Modelo	R.200	
Potencia	4,5	Hp
RPM	2900	

(*) 1m.c.a = 98 mbar

De la Tabla 33, se puede observar que se requiere un caudal de 100 Nm³/h, dado que tenemos 20 difusores con 5 Nm³/h cada uno, y una presión en mbar de 552. Con esta información se selecciona de la Tabla 34, el soplador R-200, que permite trabajar a 600 mbar de presión, con un caudal normal de trabajo de 112 m³/h.

Tabla 34: Tabla de selección de sopladores Repicky modelo R-200, actuando como soplador.

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.



Δp (mbar)		100		200		300		400		500		600		700		800		900		1000	
Modelo	RPM	Q m ³ /h	P HP	Q m ³ /h	P HP	Q m ³ /h	P HP	Q m ³ /h	P HP	Q m ³ /h	P HP	Q m ³ /h	P HP	Q m ³ /h	P HP	Q m ³ /h	P HP	Q m ³ /h	P HP	Q m ³ /h	P HP
R200	1450	63	0,6	52	0,9	43,3	1,3	35,9	1,6	28,1	2,9	22,1	3,4								
	2250	112	0,9	101	1,4	92,1	1,9	84,6	2,4	78,1	3,8	72,1	4,5								
	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				
	4500	249	1,7	238	2,8	229	3,8	222	4,9	215	5,8	209	6,9	204	7,9						

b.2.7. Secado natural

Los lechos de secado convencionales se proyectarán de acuerdo con las siguientes pautas de acuerdo a la norma ENOHSA:

- a) Se utilizarán únicamente para deshidratar lodos estabilizados.
- b) Se diseñarán de forma de obtener una reducción de la humedad del barro entre el 50 y 60%. Los mecanismos principales de remoción de agua a considerar serán drenaje y evaporación, los cuales participarán aproximadamente en un 85 y 15% respectivamente.
- c) Los lechos de secado convencionales serán estanques de poca profundidad, en donde el lodo se aplicará en capas de hasta 0,20 m a 0,30 m de espesor (normalmente 0,25 m).
- d) El fondo drenante estará asentado en el suelo natural o revestido con una camada delgada de hormigón u otro material aislante.
- e) El manto filtrante comprenderá las siguientes capas:
 - Una capa inferior de 0,20 a 0,40 m de espesor de grava o piedra partida, don-de se alojarán los tubos de drenaje.
 - Un lecho de arena con un espesor entre 0,10 a 0,30 m sobre el manto de piedras. El tamaño efectivo de la arena estará entre 0,3 a 0,75 mm y coeficiente de uniformidad no mayor de 4.
 - Protección del manto de arena mediante ladrillos acostados, con juntas abiertas de 2 a 3 cm, tomadas con arena de la misma granulometría.
- f) La cañería drenante será de caños de hormigón simple, u otro material semejante, con inclinación de 0.5% hacia la salida de 100 mm de diámetro mínimo, con juntas sin tomar. La separación máxima entre cañerías longitudinales estará entre 3,00 y 3,50 m
- g) Cada unidad tendrá las siguientes dimensiones, las que se compatibilizarán a fin de no tener una distancia superior a 10,00 m para el transporte manual de lodo seco en su interior:
 - Ancho b, entre 3,00 y 6,00 m.
 - Longitud L, no mayor a 30.00 m.
 - Relación longitud/ancho L/b, no mayor a 5.
- h) En el caso de extracción mecánica del lodo seco, el ancho no será inferior a 4,00 m y deberán preverse en el diseño el ingreso y salida de los equipos.

- i) Cuando se dimensione la superficie de las playas de secado con el criterio de carga másica superficial ($\text{KgSS}/\text{m}^2 \cdot \text{año}$), se considerará para cada ciclo de secado, una carga máxima admisible de sólidos en suspensión totales de 15 Kg

Se considera la relación $15 \text{ Kg SST}/\text{año m}^2$. Se consideró el valor de $15 \text{ Kg SST}/\text{año m}^2$ y 3 ciclos de trabajo, es decir, se llevarán a cabo 3 ciclos durante el año dado que como recomienda ENOHSa, eso se aplica para casos en los cuales se forma hielo en la época invernal. En la Tabla 35 se muestran los datos obtenidos en el cálculo del lecho de secado.

Tabla 35: Datos obtenidos en el diseño del lecho convencional de secado.

Parámetro	Valor	Unidad
Carga máxima	15	$\text{Kg SST} / \text{año m}^2$
Kg de Xsst año	2.291	$\text{Kg SST} / \text{año}$ (este cálculo tiene en cuenta los sólidos suspendidos que parte del Digestor aeróbico).
Área	153	m^2
N ciclos	3	ciclos/año
Área por ciclo	51	m^2
Período entre extracción de fango	120	d
Ancho	3	m
Largo	17	m
Unidades de secado	1	

Actualmente el MMA cuenta con una playa de secado de $5,5 \text{ m} \times 9,5 \text{ m}$, en la parte más baja, lo que da una superficie de tratamiento de 52 m^2 , por tal motivo no se plantean modificaciones en dicha playa.

b.2.8. Desinfección con hipoclorito de sodio

Se muestra la Tabla 36 con los resultados obtenidos del diseño de la etapa de cloración para la salida del efluente del decantador secundario. Para el cálculo se tuvo en cuenta que el caudal de alimentación va a un tanque homogeneizador que funciona como tanque pulmón que provee un caudal de $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$, este caudal está regulado a partir del tanque pulmón, ver sección b.1.4.

Tabla 36: Datos de diseño del sistema de desinfección con hipoclorito de sodio. $Q=0,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Dosis de cloro activo	5,00	g/m^3	Efluente de tratamiento secundario, se recomienda $5 \text{ g}/\text{m}^3$ de cloro activo, de acuerdo al Cuadro 11.17.1, Manual ENOHS.
Tiempo de contacto	30	min	
Q_{d20} o Q_{c20}	0,01	m^3/min	Se obtiene de considerar los $14,4 \text{ m}^3/\text{d} / 24/60$ (TENER EN CUENTA QUE SE DISEÑO UN TANQUE HOMOGENIZADOR CON BOMBEO QUE PROVEE DE UN CAUDAL CONSTANTE)
Volumen requerido	0,30	m^3	Volumen mínimo del tanque para asegurar tiempo de contacto. $V = Q \cdot t =$ $V = 0,01 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right) \times 30 \text{ min}$ $= 0,30 \text{ m}^3$
Conc. NaClO comercial	10	%	
Conc. NaClO comercial	100	gr hip/1L	
Conc. NaClO comercial	100.000,00	$\text{g Cl}/\text{m}^3$	
Caudal NaClO	0,0005	L/min	$5 \text{ gr Cl} / \text{m}^3 \times 0,01 \text{ m}^3/\text{min} / 100000 \text{ gr Cl} / \text{m}^3 \times 1000$
Consumo diario NaClO	0,7	L/d	
Consumo mensual NaClO	0,022	m^3/mes	Para tener en cuenta en el almacenamiento

Luego con el objeto de seleccionar un tanque que permita cumplir el requerimiento de caudal máximo se realiza el cálculo para $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

Tabla 37: Datos de diseño del sistema de desinfección con hipoclorito de sodio. $Q= 1,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Q_{d20} o Q_{c20}	0,02	m^3/min	Se obtiene de considerar los $28,8 \text{ m}^3/\text{d} / 24/60$ (TENER EN CUENTA QUE SE DISEÑO UN TANQUE HOMOGENIZADOR CON BOMBEO QUE PROVEE DE UN CAUDAL CONSTANTE)
Volumen requerido	0,60	m^3	Volumen mínimo del tanque para asegurar tiempo de contacto. $V = Q \cdot t =$ $V = 0,02 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right) \times 30 \text{ min}$ $= 0,60 \text{ m}^3$

Caudal NaClO	0,001	L/min	5 gr Cl/ m ³ *0.02 m ³ /min/100000 gr CL/ m ³ *1000
Consumo diario NaClO	1,44	L/d	
Consumo mensual NaClO	0,044	m ³ /mes	Para tener en cuenta en el almacenamiento

De la Tabla 36 y Tabla 37, vemos que se requiere un volumen mínimo para el sistema de cloración de 0,30 m³, para la primera etapa de funcionamiento y 0,6 m³ para el caudal total, considerando que se trata de volúmenes pequeños, se propone para esta etapa instalar un sistema que permita cumplir ambos requerimientos.

Por lo tanto, se instalará un tanque de agua tricapa de 1.000 litros, más otro de 400 litros para almacenar el hipoclorito de sodio, que será suministrado por una bomba dosificadora de cloro, en línea.

Para asegurar un buen mezclado del cloro con el efluente tratado, el mismo se debe inyectar con un flujo turbulento, es decir con un N° Re > 10.000, por lo tanto, se toma este dato de base para el cálculo de inyección de cloro.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Tabla 38: Diámetro de alimentación de cloro, en función del N° Re.

Parámetro	Nomenclatura	Valor adoptado	Unidades	Observaciones
Reynold	Re	1,00E+04	Adim	Valor objetivo
Velocidad	V	2	m/s	La máxima velocidad recomendada para cañerías termoplásticas es de 3,5 m/s
Densidad	ρ	1000	kg/m ³	Agua a 20°C
Viscosidad	μ	1,00E-03	kg/m.s	Agua a 20°C
Caudal	Q	1,2	m ³ /h	
		3,33 x 10 ⁻⁴	m ³ /s	
Área	A	1,67 x 10 ⁻⁴	m ²	$A = \frac{Q}{V}$. Área necesaria para que se cumpla la Velocidad máxima prefijada
Diámetro	D	0,015	m	$A = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2$, se despeja el D, que permite cumplir con la velocidad máxima

Con los datos de la Tabla 38, se fija un diámetro comercial de 20 mm, en cañería de polipropileno con unión por termofusión, de 20 mm, con este dato se obtiene el N° de Re final.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{1.000 \times 2 \times 0,020}{0,001002} = 4 \times 10^7$$

Por lo tanto, utilizando una cañería de 20 mm para alimentación del tanque de cloración, con una inyección en línea, se alcanza un flujo turbulento que asegura el mezclado.

Bomba dosificadora electromagnética a membrana, modelo F-MA, para instalación a pared, con regulación del caudal en forma manual con posibilidad de regulación de caudal entre 0 y 100%, carcasa en polipropileno con fibra de vidrio, cabezal de polipropileno con válvula de purga incorporada, con doble válvulas lips de vitón en expulsión, tensión de alimentación 220 V. 50 Hz. consumo: 12w.

- Inyecciones por minuto: 0 a 150.
- Corte por sobre tensión incorporado.
- Diafragma de teflón sinterizado en una sola pieza.
- Protección IP 65 (apta intemperie)

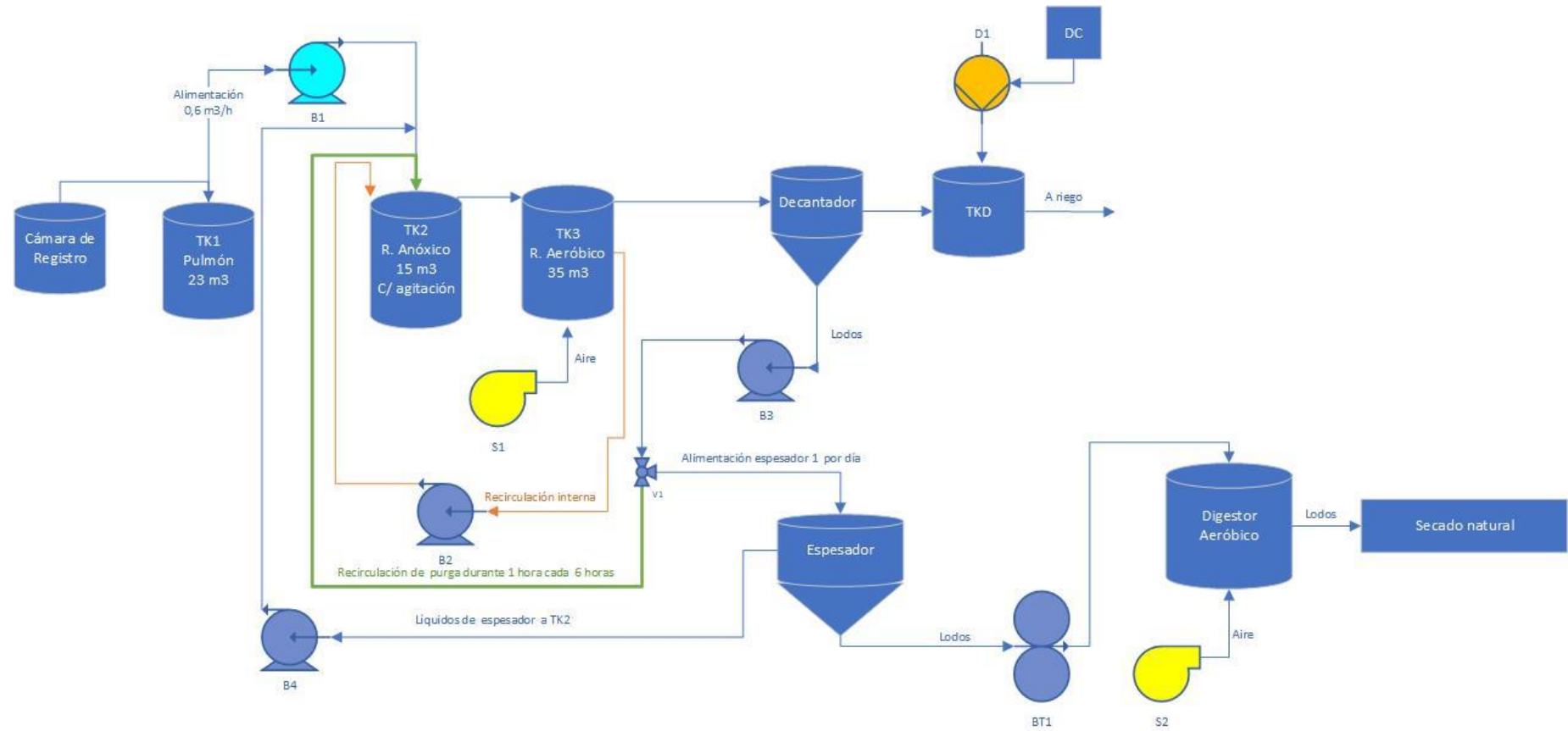


Figura 24: Diagrama de flujo

b.2.9. Perfil hidráulico:

A continuación, se presenta un resumen del equipamiento necesario, se realiza el cálculo del perfil hidráulico en el Anexo 7.

Tomando como referencia el diagrama de flujo de la figura anterior.

- Respecto de la línea de rojos: Actualmente esta línea se encuentra operativa, y descarga sus efluentes en la cámara de registro.
- Red cloacal: Actualmente esta línea se encuentra operativa y descarga sus efluentes en la cámara de registro.
- Línea de verdes: Actualmente esta línea se encuentra operativa y descarga sus efluentes en la cámara de registro.
- Línea de líquidos:
 - Desde la cámara de registro se alimenta el tanque pulmón por gravedad, el cual alimenta luego el reactor anóxico, mediante bomba (Bomba sumergible de desagote de 3 m³/h mínimo - Sólidos de hasta 50 mm. 1 Hp – (B1)), luego el reactor anóxico y el aeróbico se comunican por rebalse. Desde el R. Aeróbico, por rebalse se alimenta el decantador.
 - El siguiente paso de recirculación desde el reactor aeróbico al anóxico, se realiza mediante bomba sumergible de desagote de 3 m³/h - Sólidos de hasta 20 mm, 0,65 Hp – (B2)
 - Del decantador al tanque de cloración, la comunicación es por rebalse.
 - Recirculación del espesador al R. Anóxico, se requiere bomba trituradora de 0,65 hp, caudal de 1,2 m³/h. (B4)
- Línea de sólidos:
 - Del decantador, los sólidos van al espesador mediante bomba trituradora de 0,65 hp, caudal de 1,2 m³/h. (B3), que además realiza la recirculación de lodos desde el decantador hacia el R. Anóxico.
 - Del espesador al digestor aeróbico, los lodos son trasladados mediante bomba tornillo (BT1) que cumpla mínimamente con un caudal 1 m³/h, de 1 Hp.
 - Los lodos digeridos son dispuestos en las eras de secado por gravedad.

b.2.10. Cámara de aforo y muestreo de control.

Se instalará a la salida del tanque de cloración, un caudalímetro que permita medir y registrar diariamente el caudal.

Luego el efluente tratado se aloja en el tanque de agua de riego, donde se podrán tomar muestras para control.

c) Planos:

Se adjuntan planos del sistema en anexos.

d) Manual operativo

d.1. Encargado de la operación diaria:

El encargado de turno tiene la responsabilidad de verificar a diario y en su turno, el funcionamiento de sistema completo.

Al momento de la elaboración de este documento, no contamos con información respecto del encargado de planta.

d.2. Maniobras y controles rutinarios.

A diario se debe verificar el correcto funcionamiento del equipamiento, como así también de los sistemas de control.

A continuación, se mencionan los factores fundamentales que se deben tener en cuenta para el control del proceso, considerando que la planta de tratamiento de efluentes recibe tres líneas de efluentes (verdes, rojos y cloacales) que poseen pretratamientos individuales, luego una vez que se reúnen los líquidos en el tanque pulmón, continúan como una sola línea al reactor anóxico y el aeróbico, para luego dar lugar a la separación de los líquidos a desinfección y riego y por último la línea de sólidos, al espesador, digester aeróbico y secado natural.

d.2.1. Línea de verdes:

Diariamente se deberá realizar la limpieza de las rejillas de desbaste, las de corrales, lavadero y dentro de la playa de faena en la zona de verdes, los sólidos retenidos serán dispuestos.

d.2.2. Línea de rojos:

Rejillas de desbaste: Diariamente se realizará la limpieza de las rejillas de desbaste, y los residuos se dispondrán en quemador que posee el matadero.

Cámara desengrasadora: Diariamente se realizará una inspección visual de la cámara y en caso de ser necesario se retirará el sobrenadante, sino al menos una vez cada 15 días, se realizará una limpieza de la cámara. Los restos de la limpieza se dispondrán junto con los residuos rojos de la faena.

d.2.3. Tanque pulmón:

Diariamente se verificará que la bomba de alimentación del tanque pulmón al reactor anóxico, funcione correctamente entregando el caudal establecido.

d.2.4. Reactores biológicos.

d.2.4.1. Oxigenación en los reactores aeróbicos

En los reactores no deben existir zonas sin oxígeno suficiente, perjudiciales para el proceso. Para ello, el oxígeno disuelto no debe ser inferior a 0,5 mg/L. Si esto ocurre, disminuye la eficiencia en nitrificación. Si el límite superior es mayor a 2.5 mg/L hay excesiva nitrificación. El promedio de oxígeno disuelto en los reactores es del orden de 2,0 mg/L. La concentración de oxígeno disuelto se mide con un sensor de oxígeno disuelto (OD).

d.2.4.2. Recirculación de fango del fondo del sedimentador secundario al anóxico

Es el otro parámetro fundamental del proceso biológico de fangos activados. Mediante la recirculación de lodos desde el fondo del decantador hasta la entrada del primer reactor anóxico, se logra que la biomasa en éstos se mantenga en los valores de diseño (SST = 3000-3200 mg SST/L).

Esta concentración dependerá del factor de Carga másica (C_m), otro parámetro importante del proceso, que puede oscilar entre $C_m=0,2$ y $0,6 \text{ Kg DBO}_5/\text{KgSST d}$ para fangos activados de "media carga". Mientras que la Carga volumétrica (C_v) debe encontrarse en el orden $0,48 < C_v < 0,96 \text{ (Kg DBO}_5/\text{d m}^3\text{)}$.

La recirculación se define como la relación entre el caudal de lodos retornado desde el fondo de los sedimentadores secundarios y el caudal medio de ingreso a la planta. El operador de cada turno deberá extraer una muestra, en el reactor del medio de la serie de reactor en funcionamiento y determinar la concentración de sólidos suspendidos (SST en mg/L), la que deberá encontrarse entre los valores de diseño (3000 – 3200 mg SST/L). La concentración de sólidos en los lodos extraídos del fondo del sedimentador secundario, dependerá del diseño y del buen funcionamiento de este sedimentador.

El caudal que proviene del fondo del sedimentador secundario debe mantener entre 0,5 a 1,5 Qentrada. Si se trabaja con un caudal de entrada de 0,6 m³/h, el caudal de fango será 0,3 a 0,9 m³/h, no superar 0,9 m³/h.

d.2.4.3. Recirculación interna

Se realiza una recirculación interna que va desde la salida del reactor aeróbico hasta el ingreso al reactor anóxico, esta recirculación denominada interna, se encuentra en un rango que va desde 2 hasta 4 veces el caudal de entrada, (Qentrada). Tomando en cuenta que el caudal de entrada es de 0,6 m³/h, entonces el caudal de la recirculación interna se encuentra entre 1,2 y 2,4 m³/h. A mayor caudal se favorece la eliminación de nitratos, pero no superar los 2,4 m³/h.

Luego la composición del efluente recirculado, corresponde con el indicado en la Tabla 27, la cual muestra la calidad del efluente ya tratado, considerando que el proceso que se interpone entre el reactor aeróbico y el efluente de salida es el decantador, que solo retirará sólidos.

d.2.4.4. Edad del lodo

Es el tiempo (en días) durante el cual una partícula se mantiene en el tanque de aeración. Los valores óptimos para los sistemas de “media carga” están comprendidos entre 3 y 15 días. Sin embargo, no utilizar valores de edad de lodo o fango inferiores a 6 días porque no se desarrollará la nitrificación, principalmente en invierno. El valor de diseño de la planta es de 12 días.

La edad del lodo (θ_c) se calcula por la siguiente expresión:

$$\theta_c = \frac{(V_{AER} + V_{ANOX}) \cdot X_{SST}}{Q_{PURGA} X_{SST PURGA}} \quad Ec-29$$

Con V_{AER} y V_{ANOX} los volúmenes totales de los reactores aeróbicos y anóxicos, respectivamente; Q_{PURGA} es el caudal de purga del proceso biológico que se conduce al espesador; $X_{SST PURGA}$ es la concentración de sólidos suspendidos totales de la purga; X_{SST} : concentración de sólidos suspendidos totales del reactor aeróbico. Se asume por simplicidad

que es igual a la concentración del reactor anóxico. Pero pueden muestrearse ambos tipos de reactores para corroborar y el cálculo sería del siguiente modo:

$$\theta_C = \frac{V_{AER} X_{SST\ AER} + V_{ANOX} \cdot X_{SST\ ANOX}}{Q_{PURGA} X_{SST\ PURGA}} \quad Ec-30$$

El manual ENHOSA propone el cálculo como:

$$\theta_C = \frac{(V_{AER} + V_{ANOX}) \cdot X_{SST}}{L_A I} = \frac{1}{f \cdot I} \quad Ec-31$$

L_A = carga orgánica ingresada diariamente (KgDBO₅/d)

f = factor de carga (KgDBO₅/KgSST*d)

X_{SST} = concentración de biomasa, es decir, de sólidos suspendidos, en el tanque de aeración (KgSST/m³).

I = índice volumétrico de lodos (mL/L)

O sea que, con los valores determinados diariamente de la muestra compuesta o compensada, el responsable de la planta estudiará el valor obtenido, tratando de optimizar el proceso acercándose a los valores establecidos en el Manual de Operación.

d.2.4.5. Factor de Carga $f = A/M$

El factor de carga f es igual a la cantidad de alimentos A ingresada diariamente (KgDBO₅/día) dividida por la biomasa total $M = X_{SST\ AER} V_{AER} + X_{SST\ ANOX} V_{ANOX}$.

En forma similar a la indicada para la edad del lodo, el personal de operación de la planta deberá estudiar y corregir los parámetros obtenidos del análisis de la muestra compuesta, para aproximar la operación al “ f ” de diseño.

d.2.4.6. Operación normal diaria

d.2.4.6.1. Toma de muestras y planillas

Para controlar la operación normal en lo relativo al proceso biológico, se efectuarán tomas de muestras semanales, luego se proponen controles semestrales con el objeto de evaluar el funcionamiento de la planta.

Estas muestras se obtendrán mientras la planta tenga alimentación de faena (lunes a jueves).

Los controles realizados deberán registrarse, de modo de llevar un control del funcionamiento de la planta.

d.2.5. Determinaciones de control

d.2.5.1. Controles semanales

Una vez por semana, el operador tomará muestras individuales y efectuará las siguientes determinaciones:

- a) Temperatura (°C): en afluente, efluente y, si es necesario, en los reactores anóxicos y de aeración y en el sedimentador.
- b) pH: ídem anterior.
- c) Sólidos sedimentables (ml/L): en entrada, salida, reactores que funcionan y en los sedimentadores secundarios (salida de vertederos).
- d) Oxígeno disuelto OD: en los reactores biológicos aeróbicos y anóxico.
- e) Oxígeno disuelto OD: en el efluente (salida de cámara de cloración).
- f) Nivel líquido o caudal.
- g) Altura del lodo, en m: en el sedimentador.
- h) Caudal tratado: Caudalímetro.

d.2.5.2. Controles semestrales

Se propone en los primeros 2 años de funcionamiento de la planta, realizar las siguientes determinaciones, en el efluente se salida, con el objeto de evaluar el funcionamiento de la planta, y tomar eventuales decisiones.

- a) Temperatura (°C)

- b) pH
- c) Sólidos sedimentables (mL/L)
- d) Turbiedad del líquido sobrenadante de la prueba anterior (para el afluente).
- e) Sólidos totales $ST = SS + SD$ (si se puede, volátiles y fijos)
- f) Sólidos disueltos SD (si se puede, volátiles y fijos)
- g) Sólidos suspendidos SS (si se puede, volátiles y fijos)
- h) DBO_5 : demanda bioquímica de O_2 en 5 días
- i) DQO : demanda química de O_2
- j) NH_4 : amoníaco o nitrógeno inorgánico o amoniacal (N_{amon})
- k) NO_3 : nitratos
- l) NO_2 : nitritos
- m) $N_{orgánico}$: nitrógeno orgánico
- n) $NK = N_{amon} + N_{orgánico}$ = nitrógeno KJELDHAL
- o) $NT = NK + NO_3 + NO_2$ = nitrógeno total
- p) Cloruros
- q) Fosfatos

d.2.5.3. Interpretación de los resultados y acciones a tomar.

d.2.5.3.1. Oxígeno disuelto en el tanque de aeración (canal de denitrificación)

Semanalmente, se debe determinar el contenido de oxígeno disuelto (OD), en los reactores, a fin de controlar su concentración. Las muestras se toman a 0,50 m de profundidad. La concentración de oxígeno en el reactor anóxico debe ser 0 mg /L y la del reactor aeróbico entre 1,5 y 2,5 mg O_2 /L. De ser $OD_{mín} < 0,5$ mg/L, el operador deberá aumentar la oxigenación, para lo cual deberá incrementar el caudal de aire de los aireadores.

Si los valores obtenidos cumplen con lo indicado, el proceso es correcto, ya que hay eficiencia en nitrificación (en el reactor aeróbico) y denitrificación (en el reactor anóxico).

d.2.5.3.2. Oxígeno disuelto en tanque de desinfección.

En la salida del tanque de cloración, el OD debe ser menor al contenido en los reactores aeróbicos.

d.2.5.3.3. Sólidos sedimentables, Ssed

Semanalmente el operador, realizará la determinación de sólidos sedimentables, tomando una muestra del reactor aeróbico, utilizando una probeta cilíndrica graduada, de 1.000 cm³ para las muestras del líquido afluente y el del reactor aeróbico.

Para las muestras del efluente tratado, se utilizará el cono IMHOFF de 1.000 cm³.

El ensayo se efectuará llenando la probeta o el cono, según corresponda, hasta la marca de 1.000 cm³ y dejándola en reposo 30 minutos. Pasado ese tiempo, se mide, en la escala graduada, el volumen, en mL o cm³, depositado en el fondo y se aprecia el color y turbiedad del líquido sobrenadante.

En el ensayo para el líquido del tanque de aireación, la sedimentación debe ser rápida (del total de lodos sedimentados, a los 30 minutos, el 70% deberá hacerlo dentro de los primeros 5 minutos). El lodo deberá aparecer compactado en el fondo y el líquido sobrenadante deberá ser límpido.

También, durante el ensayo de SSed del efluente, puede producirse un leve depósito compacto de lodos con líquido sobrenadante transparente.

En general, la concentración de sólidos sedimentables en el reactor fluctuará, deberá mantenerse entre 200 a 350 mL/L, para mantener bajo el índice volumétrico de lodos IVL (o índice de MOHLMAN).

Para una buena decantabilidad del licor mezclado, el IVL debe ser del orden de 110. En caso de que sea mayor, para disminuirlo, deberá incrementarse la concentración Xv de sólidos en el tanque de aireación, aumentando la recirculación.

Si el sobrenadante es turbio, con lodo denso, la planta está mal operada. Si el sobrenadante correspondiente a la prueba del reactor es claro y el de los sedimentadores es oscuro o turbio, hay problemas en éstos. Si el sobrenadante de los reactores es turbio, con color gris y olor a huevo podrido, hay poca oxigenación o demasiada recirculación.

Para sobrenadante turbio en los sedimentadores o en el efluente final, deberá estudiarse las causas, las que pueden estar relacionadas con una excesiva acumulación de lodo en el sedimentador, que supere el nivel crítico, en efectos de bulking, etc., debiendo tomar en cada caso las acciones que correspondan.

d.2.5.3.4. Sólidos suspendidos en los reactores

Durante el primer tiempo de operación, será necesario realizar mediciones mensuales, de la concentración X_{SST} de sólidos suspendidos que debe estar entre 3000 a 3200 mg_{SST}/L en los reactores anóxico y aeróbico, con el objeto de regular la recirculación y purga.

Al iniciarse el funcionamiento de la planta, puede resultar difícil llegar al rango especificado de sólidos suspendidos, lo que produce baja eficiencia en la eliminación de DBO, DQO, compuestos nitrogenados y fosfatos. De allí, que, al comienzo de la operación, tal vez, deba recircularse todo el lodo depositado en los sedimentadores (no extraer lodos del sistema).

En general, la regulación de la concentración de biomasa (SST) se efectúa mediante la recirculación de los lodos extraídos del fondo del sedimentador secundario.

Si es mayor a 6.000 mg/L , deberá disminuirse la recirculación. También deberá verificarse que la recirculación se mantenga dentro de los límites adecuados al factor de carga (f) y a la edad del lodo.

d.2.5.3.5. Nitratos

La concentración de nitratos en el último reactor anóxico debe ser inferior a 1 $mg\ N/L$. Dada la elevada concentración de nitrógeno en el efluente a tratar, la concentración de nitratos en el reactor aeróbico será elevada.

d.2.5.3.6. Nitritos, NO_2

Esta determinación se efectuará solamente con la muestra compuesta del efluente y la misma no será necesaria si se tuviera el efluente estabilizado (según prueba de azul de metileno). Normalmente en procesos de fangos activados la concentración de nitritos es inferior a 0,5 $mg\ N/L$, pero dada la elevada concentración de nitrógeno en el efluente a tratar, se espera un contenido importante en el efluente.

d.2.5.3.7. Nitrógeno KJELDAHL, NK

Es la suma del nitrógeno amoniacal N_{am} y el nitrógeno orgánico N_{org} . Si el valor oscila alrededor de 7 mg/L en el tanque de aeración, se están produciendo la nitrificación y denitrificación correctas.

Si el NK es menor que ese valor, indica que se están produciendo los dos procesos mencionados, pero no hubo reducción de DBO o materia carbonácea. Las causas pueden ser oxigenación y recirculación insuficiente.

d.2.5.3.8. Nitrógeno Amoniacal, o NH_3

El valor normal se encuentra alrededor de 0,5 mg/L. Si excede este valor (exceso de amoníaco), es señal de oxigenación insuficiente.

d.2.5.3.9. Nitrógeno orgánico, N_{organ}

Su valor normal es de 4 mg/L. Si excede este valor, es síntoma de falta de oxigenación.

d.2.5.3.10. Nitrógeno total

Es la suma de NK, NO_3 y NO_2 . Se determina para calcular la eficiencia en eliminación del nitrógeno total. Efluente de la planta debe tener un contenido inferior a la entrada.

d.2.5.3.11. Fosfatos PO_4

Se determina solamente para verificar la eficiencia en su eliminación, en este tipo de proceso puede estimarse entre el 35 y el 40% del fósforo del afluente.

d.2.5.3.12. Demanda química de oxígeno a 5 días, DBO_5

Es la cantidad de oxígeno necesaria para que la población microbiana heterogénea estabilice la materia biodegradable en la muestra. Es una medida indirecta de la concentración de materia orgánica transformable biológicamente. La DBO_5 mide la fracción carbonácea.

La eficiencia en la remoción de DBO_5 , en el proceso de lodos activados, se calcula en base a la concentración de DBO_5 en la entrada al proceso, La , y a la concentración en la salida, Le , expresadas en mg/L. El proceso está diseñado para una DBO_5 inferior a 10 mg O_2 /L.

De ser inferior a la eficiencia de diseño, deberán buscarse las causas, entre ellas deficiencias en la oxigenación y/o en la recirculación, escasa edad del lodo y alto factor de carga, especialmente las dos primeras.

d.2.5.3.13. Demanda química de oxígeno, DQO

Mide el equivalente de oxígeno necesario para la oxidación de la fracción de materia orgánica presente en la muestra, susceptible de oxidación en medio ácido, con dicromato o permanganato.

Es una medida más exacta de la eficiencia de estabilización, que la DBO5.

d.2.5.3.14. Temperaturas °C

El incremento gradual de temperatura del líquido, hasta 40°C, favorece el proceso biológico y la sedimentabilidad, al disminuir la viscosidad. En cambio, un aumento brusco afectaría a la biomasa.

d.2.5.3.15. pH

Si baja el valor normal de pH = 7, es señal de excesiva nitrificación. En ese caso, debería disminuirse la oxigenación. Dada la elevada concentración de nitrógeno en el efluente a tratar, considerar la adición de CaCO_3 cuando se observe que disminuye la nitrificación.

d.2.5.3.16. Lodo en exceso

Cuando la planta está en régimen, el lodo a eliminar diariamente estará dado por la siguiente expresión: $qL = \text{volumen del reactor} / \text{edad del lodo}$.

d.2.5.3.17. Organismos presentes en el licor de los reactores

Si se efectúan exámenes microscópicos, deberá tomarse en cuenta que:

Un gran número de VORTICELLAS indica buena condición del lodo activado.

La presencia de SPHAERETILLOS es señal de bulking en el sedimentador. Es una bacteria filamentosas, que forma un entrelazado similar a cabellos, perjudicando la sedimentación de los lodos.

d.2.5.3.18. Desinfección del efluente tratado:

- a) Es necesario una dosis de cloro activo de 5 mg Cl/L por lo tanto si se utiliza un NaClO comercial al 10%, se deberá emplear un caudal de 2,5 L/d. La salida de la etapa de desinfección deberá

controlarse microbiológicamente para verificar los límites de vertido. Además, diariamente verificar:

- El funcionamiento de la bomba dosificadora de cloro.
- La carga del depósito de cloro.
- La concentración de cloro libre.

d.2.5.3.19. Espesador:

Diariamente verificar el correcto funcionamiento del equipo y el funcionamiento de las bombas. La altura del manto de lodos, caudal y medición de sólidos suspendidos en la corriente de salida según se indica en la Tabla 28.

d.2.5.3.20. Digestor aeróbico de lodos:

Semanalmente, se debe determinar el contenido de oxígeno disuelto (OD), las muestras se toman a 0,50 m de profundidad. La concentración de oxígeno en el digestor aeróbico debe ser de entre 2 y 2,5 mg O₂/L. De ser OD_{mín}<1 mg/L, el operador deberá aumentar la oxigenación, para lo cual deberá incrementar el caudal de aire de los aireadores.

d.2.5.3.21. Secado natural:

Los lechos de secado convencionales se utilizan únicamente para deshidratar lodos estabilizados; se diseñan de forma de obtener una reducción de la humedad del barro entre el 50 y 60%; los mecanismos principales de remoción de agua a considerar son drenaje y evaporación, los cuales participan aproximadamente en un 85 y 15% respectivamente; los lechos de secado convencionales son estanques de poca profundidad, en donde el lodo se aplica en capas de hasta 0,20 m a 0,30 m de espesor (normalmente 0,25 m).

Se diseñaron los lechos de secado para llevar a cabo 3 ciclos en el año, es decir, los sólidos tendrán una permanencia media en el lecho de 120 d.

Diariamente verificar que la descarga del digestor de lodos hacia la playa de secado, se encuentre operativa.

d.2.5.4. Controles del efluente con uso para riego.

Se presentan en la siguiente tabla los parámetros y frecuencia de control para un efluente con destino a riego, tomando en consideración lo propuesto en el documento “Sistemas de Disposición final de Efluentes mediante reuso para riego” ITAMA-UNCOMA.

Parámetros	Límites Máximos	Observaciones	Frecuencia de Monitoreo
Parámetros Fisicoquímicos y Orgánicos			
pH	6,5 – 8,4		Mensual
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	3000		Mensual
RAS (%)	3	Para EC < 700	Trimestral
RAS (%)	6	Para EC 700 - 1200	Trimestral
RAS (%)	12	Para EC > 1200	Trimestral
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	100		Trimestral
DBO5 (Kg /Ha*día)	50		Trimestral
DQO(Kg/Ha/*día)	100		Trimestral
Nutrientes			
N total (mg/l)	-	Parámetro de Diseño	Mensual
P total (mg/l)	-	Parámetro de Diseño	Mensual
K (mg/l)	-	No establece	Semestral
Boro (mg/l)	1,0		Anual
Parámetros Microbiológicos			
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml)	10 ⁴		Trimestral
Helmintos (huevos/l)	≤1		Trimestral

a) Plan de contingencia por falla de algún equipo. (paro de planta)

- En caso de fallas de la planta en general se deberá suspender el ingreso de animales.
- En caso de falla de algún equipo que tenga reemplazo (bombas, por ejemplo) se realizará la maniobra correspondiente de cambio de equipo.
- En caso de falla de equipos con el proceso de faena en marcha, se completará la faena y se suspenderá el servicio hasta tanto se resuelva el problema.

a.1. Planilla de control de planta y proceso

La planilla de control general contendrá la siguiente información, y será responsabilidad del encargado de turno completarla.

Tabla 39: Planilla de control de planta y proceso

Encargado	Fecha y hora	pH	T°	SSed	Observaciones	Firma

b) Programa de puesta en marcha y puesta en régimen.

La puesta en marcha puede realizarse de dos formas:

1. Recoja fango de una planta de fangos activados aeróbico que se pueda trasladar en un camión atmosférico. Se necesita el 5% del volumen del Reactor, el cual en este caso es 5% de $V_t=41 \text{ m}^3$. El 5% corresponde a un volumen de 2 m^3 . Este volumen se puede trasladar en un viaje en un camión atmosférico. El fango se introduce en el reactor y se comienza a alimentar el sistema con el agua residual generada por la planta. Las etapas se irán llenando paulatinamente, una etapa por vez, porque la salida de una es la entrada de la siguiente. Al inicio la depuración será pobre, lo cual ocurre porque no hay biomasa activa sustancial en el reactor. Mientras el contenido de SST (sólidos suspendidos totales) sea inferior a 3200 mg SST/L , no purgar fango del sistema, es decir no iniciar la línea de tratamiento de fango en el espesador y digestor aeróbico. Cuando el contenido de SST (sólidos suspendidos totales) sea igual o superior a 3200 mg SST/L , iniciar la purga del fondo del sedimentador secundario.
2. En el caso de no poder traer fango aeróbico, se inicia la actividad alimentando la planta con agua residual producida en la planta. Las etapas se irán llenando paulatinamente, una etapa por vez, porque la salida de una es la entrada de la siguiente. Al inicio la depuración será pobre, lo cual ocurre porque no hay biomasa activa sustancial en el reactor. Mientras el contenido de SST (sólidos suspendidos totales) sea inferior a 3200 mg SST/L , no purgar fango del sistema, es decir no iniciar la línea de tratamiento de fango en el espesador y digestor aeróbico. Cuando el contenido de SST (sólidos suspendidos totales) sea igual o superior a 3200 mg SST/L , iniciar la purga del fondo del sedimentador secundario.

Cronograma de puesta en régimen: Aspectos a tener en cuenta:

- Dado que el tanque pulmón cuenta con bomba que permite alimentar el reactor anóxico, se iniciará el cronograma de puesta en marcha en este equipo.
- Tomando en cuenta que se realizan los cálculos considerando la carga diaria de 14,4 m³/día, con un caudal horario luego del tanque pulmón de 0,6 m³/h y considerando que el inicio de la generación de los efluentes se daría un lunes a las 8 AM, se plantea el siguiente esquema de llenado de los equipos.

Tabla 40: Cronograma de puesta en marcha.

Equipo	Capacidad m ³	Tiempo de llenado (h)
R. Anóxico	9	15
R. Aeróbico	32	53,3
Decantador secundario	5,28	8,8
Desinfección	0,6	1
Almacenamiento para riego	24	40
Tiempo total	5 días	118 horas

Luego el día, viernes que no se recibe efluente y hasta el siguiente lunes, solo se mantiene agitación en R. Anóxico, aireación en R. Aeróbico y D. Aeróbico y recirculación interna en reactores.

Considerando que se trata de un sistema de lodos activados y que es necesario que se genera la cantidad de biomasa adecuada para llevar a cabo el proceso, en la puesta en marcha se realizará la descarga de líquidos, pero no se purgarán lodos, hasta tanto se alcance una concentración de 3200 mg SST/L, tal como se mencionó anteriormente. Una vez alcanzada esta condición, se iniciará la purga hacia el espesador con un tiempo de retención celular (TRC) de 12 d, luego se comenzará a llenar el digestor aeróbico con un TRH de 120 días, pasado ese tiempo, se comenzará la descarga de lodos digeridos a la playa de secado.

c) Cronograma de obras

Tabla 41: Cronograma de obra

ITEM	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Compra de materiales												
Obra civil / readecuación de instalaciones existentes												
Instalación de equipamiento												
Proyecto de riego												

IV. Cuerpo receptor y proyecto de riego

Se presenta el proyecto de riego en documento adjunto.

V. Plan de gestión ambiental:

a) Medidas y acciones preventivas y de mitigación en caso de impactos ambientales generados:

- Acción: Derrame de líquidos no tratados sobre el suelo.
 - Se deberá suspender el ingreso de líquido a la planta.
 - Se deberá suspender la faena.
 - Se deberá gestionar el suelo contaminado.

b) Lodos o residuos de planta:

Los lodos generados y tratados según lo mencionado anteriormente, serán dispuestos en composteras hasta su utilización como enmienda orgánica, en el predio considerando la superficie a implantar, según lo expresado en el proyecto de riego adjunto.

Los residuos de la limpieza de las rejillas serán dispuestos según la siguiente clasificación:

- Línea de verdes: Serán dispuestos en composteras.
- Línea de rojos: Serán dispuestos junto con los residuos de faena.

c) Plan de monitoreo del efluente tratado y del cuerpo receptor:

- Se tomará una muestra del efluente después del sistema de tratamiento, a fin de definir la calidad del mismo, tomando en consideración lo indicado en el ítem, d.2.5.4.
- El predio cuenta con freatrímetros que permiten la toma de muestras y control de calidad de las aguas superficiales.

VI. Anexos:

- Anexo 1: Resultados de laboratorio
- Anexo 2: Plano del sistema de tratamiento de efluentes.
- Anexo 3: Proyecto de Riego.
- Anexo 4: Ficha técnica difusor.
- Anexo 5: Ficha técnica soplador.
- Anexo 6: Cálculos complementarios
- Anexo 7: Cálculo de perfil hidráulico.
- Anexo 8: Infraestructura eléctrica.



COLEGIO de
INGENIEROS
del NEUQUÉN
LEY 2.990

Ley 2990



Fecha

COMPROBANTE DE ORDEN DE TRABAJO

Medio Ambiente / PRIVADA

Exp. N°M-20-250300010

05-03-2025

N°

Q0000-00000834

TRÁMITE VISADO (07-Mar-2025)

Obra

Proyecto de readecuación de sistema de tratamiento de efluentes Matadero Municipal Aluminé

Profesionales que intervienen

POJMAEVICH, ANDREA BIBIANA (Mat: ING0600)

Comitente

Municipalidad de aluminé
Cuit: 30999274869
DNI:
Torcuato modarelli 223 / ALUMINE () Neuquen

Domicilio de la Obra

(Urbano)
RP 18 # SN
ALUMINE () Neuquen

Tareas Encomendadas

Certificado (Otros)

En mi carácter de VISADOR - ZONA SUR del Colegio de Ingenieros del Neuquén - Ley 2990, declaro que la presente Orden de Trabajo se compone de "185" fojas y "0" planos.-

Ing LARESE ROJA ELISA
VISADOR - ZONA SUR

en la ciudad de SAN MARTIN DE LOS ANDES a los 7 días del mes de Marzo del 2025

Firma y Sello del Comitente/s

Firma y Sello del Profesional/es

En mi carácter de VISADOR - ZONA SUR del Colegio de Ingenieros del Neuquén - Ley 2990, declaro que la presente Orden de Trabajo se compone de "185" fojas y "0" planos.-

Ing LARESE ROJA ELISA
VISADOR - ZONA SUR

en la ciudad de SAN MARTIN DE LOS ANDES a los 7 días del mes de Marzo del 2025

Firma y Sello del Comitente/s

Firma y Sello del Profesional/es

Nº DE INFORME	23.09.24.01
Nº DE CADENA DE CUSTODIA	23.09.24.01
FECHA DE REPORTE	23/09/2024

INFORME DE ENSAYO

Laboratorio de Química y Medioambiental

DATOS DEL CLIENTE	
NOMBRE	SINNEU
DOMICILIO	Av. San Martín 868 - Zapala
CONTACTO	Andrea Pojmaevich

DATOS DE LA MUESTRA	
DESCRIPCIÓN	Análisis de Efluentes
IDENTIFICACIÓN	Pozo de rebombeo. Matadero Municipal de Aluminé.
Nº de MUESTRA	SE 254

DATOS DEL MUESTREO	
RESPONSABLES	Andrea Pojmaevich
LUGAR	Matadero Municipal Aluminé
FECHA/HORA de inicio	11/09/24 (10:00 hs)
FECHA/HORA de finalización	11/09/24 (11:00 hs)
CONDICIONES AMBIENTALES DE MUESTREO	SD
NORMA DE MUESTREO APLICADA	SD

DATOS DEL ENSAYO	
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	11/09/2024 (16:50 hs)

RESULTADO

PARÁMETRO	NORMA	MÉTODO	FECHA	RESULTADO
Grasas y Aceites	EPA 413.2/78 * - SM 5520 C/05	Extracción con ampolla-Infrarrojo	19/09/24	3,7 mg/L
Cloruros	SM 4500-Cl B/05; ASTM D512 B/89	Volumetría	13/09/24	284 mg/L
Conductividad (25°C)	SM 2510 B/05, ASTM D1125/95	Conductimetría	12/09/24	1592 µS/cm
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 5210 B	Amperométrico - incubación 5 días	13/09/24	600 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble	SM 5210 B	Amperométrico - incubación 5 días	13/09/24	280 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D	Volumetría	18/09/24	909 mg/L
Demanda Química de Oxígeno Soluble	SM 5220 D	Volumetría	18/09/24	563 mg/L
Fósforo Total	SM 4500-P B-E /05	Espectrofotometría UV-Visible	20/09/24	5,2 mg/L
Nitrógeno Total	SM 4500-Norg B/05	Kjeldalh	16 y 17/09/24	222 mg/L

Nº DE INFORME	23.09.24.01
Nº DE CADENA DE CUSTODIA	23.09.24.01
FECHA DE REPORTE	23/09/2024

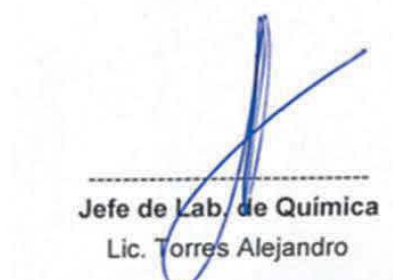
PARÁMETRO	NORMA	MÉTODO	FECHA	RESULTADO
pH	SM 4500-H+/05, ASTM D1293/95	Potenciómetro	12/09/24	6,7
Sólidos Disueltos Totales	SM 2540 C/05	Gravimetría	12/09/24	861 mg/L
Sólidos en Suspensión Totales	SM 2540 D/05	Filtración-Gravimetría	12/09/24	122 mg/L
Sólidos Sedimentables (10 min)	SM 2540 F/05	Conos de Imhoff	12/09/24	< 0,1 ml/L
Sólidos Sedimentables (2 hs)	SM 2540 F/05	Conos de Imhoff	12/09/24	< 0,1 ml/L

Observaciones: ND = No Detectado; NA = No Aplica; SD = Sin Dato

Nota: Corresponde al presupuesto N° 09.09.24.01 y al listado de precios de septiembre 2024.

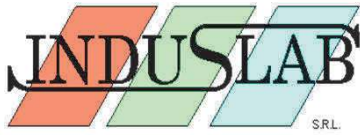


Confección de Informes
Ing. Cruz Melina



Jefe de Lab. de Química
Lic. Torres Alejandro

ESTE INFORME CORRESPONDE ÚNICAMENTE A LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA SOMETIDA A PRUEBA Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DE LA COORDINACIÓN.



LABORATORIO: CAMPAMENTO 1 S/N - CALLE 13 - PLAZA HUINCUL - NEUQUEN - TEL.: 0299 4962652
j.laboratorio.ph@induslab.com.ar

ADMINISTRACION: ROQUE S. PEÑA Nº 4 - CATRIEL - RIO NEGRO - TEL.: 0299 - 4912497 / 4914326
gerencia@induslab.com.ar

LABORATORIO: HIPOLITO IRIGOYEN Nº 328 -CATRIEL- RIO NEGRO- TEL.: 0299-4912497-
j.laboratorio@induslab.com.ar

Cód. RO-12.04.01
17/05/2022 Rev.: 06

INFORME FINAL

Empresa-Solicita: Pojmaevich Andrea	Fecha de extracción:	11/9/2024
Procedencia: RE*BOMBEO-PTEI MATADERO MUNICIPAL ALUMINE	Fecha de informe:	27/9/2024
Extraída por: Pojmaevich Andrea	Fecha de entrada al laboratorio:	13/9/2024
Protocolo: P-24-21794	Observaciones:	Cadena de custodia adjunta

ANALISIS MICROBIOLOGICO

DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS		
DETERMINACION	RESULTADOS	METODO
BACTERIAS COLIFORMES TOTALES	$5,4.10^5$ / 100 ml (NMP)	SM 9221 B
ESCHERICHIA COLI	$1,1.10^4$ / 100 ml (NMP)	SM 9221 E-G

Obs: Siembra en tubos multiples 5 x 10 ml, 1 ml y 0,1 ml.



Para realizar una queja,
escanee código QR

ANEXO 3: Proyecto de Riego

Introducción.

El presente proyecto de riego se realiza en concordancia con el “Proyecto del Sistema de Tratamiento de Efluentes del Matadero Municipal de Aluminé”.

El proyecto de riego se divide en etapas de descripción climática y edáfica primero, y luego una etapa donde se describe desde lo agronómico e hidráulico el uso de los efluentes.

Justificación

El presente proyecto contempla la utilización de sistema de riego por goteo, por tratarse de un agua proveniente principalmente de una planta de tratamiento de efluentes del Matadero Municipal. Consideramos que la propuesta de riego por goteo es la opción más recomendable técnicamente, a fin de asegurar el cuidado de la salud de los trabajadores.

Sin embargo, de no contar con los recursos necesarios para su implementación, se podría optar por el sistema de riego gravitacional (riego por surcos), para lo cual hay que tener en cuenta que en este caso se necesita nivelar el terreno y construir surcos de no más de 50 a 70 m de longitud distanciados 3 m entre sí.

- También se recomienda el abovedado del espacio entre surcos, sobre el cual se realizará la siembra de la pastura.
- Las alamedas se regarán con 1 surco entre las dos filas.
- La conducción del agua desde el tanque hacia la cabecera de cada sector se realizará por tuberías a baja presión.
- Mediante el diseño de los sectores de riego, se debe lograr equilibrio entre los procesos de avance e infiltración para que la lámina infiltrada en cada punto de la parcela sea similar.
- Asimismo, evitar pérdidas por percolación profunda y por escorrentía superficial.
- Este sistema requiere que un operario controle todo el proceso, habilitando y clausurando las distintas zonas de riego.

Desarrollo:

- **Descripción climática**

Para la localidad de Aluminé se trabaja con datos estadísticos de estudios a nivel provincial, recopilando la información necesaria para los cálculos de la Evapotranspiración Potencial.

Aluminé pertenece a la provincia Fitogeográfica Patagónica (Cabrera 1971)¹, y a la Región Ecológica Estepa Patagónica²

Por su ubicación geográfica, se infiere que la temperatura media anual se encuentra en el rango de los 8 a 9°C, en tanto la precipitación media se encuentra entre los 600 y 800 mm anuales, considerando las precipitaciones de agua y nieve.

Tabla 1: Temperaturas medias mensuales (°C) históricas para Aluminé- Neuquén-³

Parámetro	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Temp. Máxima	<u>23</u>	<u>23</u>	20	15	10	7	<u>6</u>	8	11	15	18	21
Temp. Media	15	15	13	8	5	3	<u>2</u>	3	5	8	11	13
Temp. Mínima	<u>8</u>	<u>8</u>	7	4	2	0	<u>-1</u>	-0	1	3	5	7

Temperatura Media anual: 8.4° C

Tabla 2: Precipitaciones medias mensuales para Aluminé– Neuquén-

Parámetro	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Precipitaciones media mm	17,8	22,5	28,2	52,3	99,9	121,1	83,5	68,6	48,1	38,6	28,3	21,2
Nieve mm				0,6	13,2	62,1	62,7	31,6	14	0,4	0,2	
Total mm	17,8	22,5	28,2	52,9	113,1	183,2	146,2	100,2	62,1	39	28,5	21,2

¹ Zonas Agroeconómicas Homogéneas Patagonia Norte Neuquén y Río Negro. Ing. Agr. (M.Sc.) Marcos H. Easdale y Dra. María Cecilia Madariaga (2009). INTA EEA Bariloche.

² “Desarrollo y aplicación de Modelos de Estados y Transiciones en ecosistemas de Patagonia Norte: avances y perspectivas futuras”. Sitios Ecológicos en Patagonia Norte. Ing. Agr. Javier A. Ayesa (2013). INTA Bariloche.

³ <https://es.weatherspark.com/>

Partiendo de las coordenadas geográficas de latitud sur del lugar (39.24°), y los valores medios de temperatura del aire, se utiliza el método de Blaney y Criddle para los cálculos de Evapotranspiración Referencia o Potencial.

Tabla 3: Insolación media mensual estimada para Aluminé, por tablas

Parámetro	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Insolación media Hs/día ("P")	10,18	9,51	8,39	7,77	6,76	6,57	6,80	6,74	8,33	8,93	9,98	10,03

● **Evapotranspiración Potencial**

Se realiza el cálculo de Evapotranspiración Potencial (ETP) diaria por tabla, utilizando valores de "p" y Temperatura media mensual.

Tabla 4 : Evapotranspiración Potencial estimada para Aluminé- Neuquén-

Parámetro	ene.	feb.	mar.	abr.	may	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Evapotranspiración Potencial mm/mes	152,9	143,0	118,3	91,7	70,5	62,5	61,6	64,1	86,9	105,5	131,6	141,6
Evapotranspiración Potencial mm/año	1230,3											

Los meses más críticos para los cultivos son enero y febrero, donde se presenta el mayor valor de Evapotranspiración Potencial mensual. Se considera este parámetro en el diseño hidráulico del sistema de riego. No se consideraron las lluvias de agua y nieve, con mayor incidencia de mayo a agosto, razón por la cual en dichos meses se dejará de regar en los momentos en que ocurran las precipitaciones.

El método de Blaney y Criddle, al utilizar solo la temperatura y la insolación media del sitio como referencia, estima valores superiores a los estimados por otros métodos tales como el de Thornthwaite que utiliza parámetros climáticos medidos en el sitio de análisis.

Por lo tanto, mediante este cálculo existe un margen de seguridad a favor del cultivo.

El valor de Evapotranspiración Potencial anual estimado, se encuentra en relación a datos de Evapotranspiración citados en estudios hídricos para la zona de Confluencia de la provincia de Neuquén.

- **Balance Hídrico**

A partir de los datos de precipitaciones medias mensuales y la evapotranspiración potencial estimada, se realiza el balance hídrico mensual.

Tabla 6: Balance Hídrico calculado para Añelo - Neuquén -

Parámetro	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Precipitaciones medias mm/mes	17,8	22,5	28,2	52,9	113,1	183,2	146,2	100,2	62,1	39	28,5	21,2
Balance Hídrico mm/mes	-135,1	-120,5	-90,1	-38,8	42,6	120,7	84,6	36,1	-24,8	-66,5	-103,1	-120,4
Balance Hídrico mm/año	-415,4											

Los meses de primavera-verano presentan un balance negativo, siendo el mes más crítico enero y febrero.

- **Características Edáficas**

Se utilizan datos obtenidos por estudios anteriores en el lugar.

El tipo de suelo predominante en el Predio se conforma de un horizonte A de aproximadamente 15 cm. de textura limo arcillosa con contenido orgánico, que sobreyace a un B textural iluviado por lixiviación. Desde los 50 cm hacia abajo aparece el material rocoso fracturado originado en los basaltos.

Desde el punto de vista de su comportamiento bajo riego, se aprecia su baja infiltración, lo cual no impide ajustarse al goteo, pues es de baja intensidad. Sin embargo, es esperable gran escorrentía superficial cuando está sujeto a precipitaciones de alta intensidad. Su alta cohesividad dada por las arcillas atenúa el efecto erosivo de la escorrentía.

La pendiente del terreno es menor al 3%, el microrrelieve no presenta discontinuidades relevantes (dato obtenido de la observación realizada in situ).

Los estudios de suelo realizados⁴ indican que la napa freática no se detectó a 4,50 m de profundidad.

⁴ Ing. Civil Juan José Oliver

- **Uso del Agua:**

Una vez que esté finalizada la PTE se contará con una fuente de agua para riego, proveniente de la misma, que generará un caudal mínimo diario de 10 m³/día de lunes a viernes, y un máximo de 20 m³/día, de lunes a viernes.

A partir de estos valores, se proyecta el sistema de riego para la **Etapla 1**. Se propone una alameda perimetral doble, plantada en tresbolillo, de 380 m² en total, y una siembra de pasturas, siendo siempre especies perennes, en el predio adyacente a la planta de Tratamiento de Efluentes. En la Etapa 1 se sembrará el sector A de 2560 m². En la **Etapla 2**, se sembrará el sector B de 2560 m² adicionales. Ver Figura 1.

Etapla 1: generación de 10 m³/día de lunes a viernes

Etapla 2: generación de 20 m³/día de lunes a viernes todo el año.



Figura 1: Etapas de plantación y riego Etapla 1 (Rojo) y Etapla 2 (Azul)

Etapas 1: Forestación perimetral y siembra de pasturas en el sector A

Cultivos propuestos:

Se colocará una alameda perimetral en los sectores N,S y E del matadero (280 m), así como 100 m adicionales en el borde S del sector destinado a siembra de pasturas. Esto ayudará a la protección contra los vientos predominantes en la zona durante los meses de más calor.

Para la alameda perimetral rompeviento se seleccionó por su buen crecimiento y forma, la *especie Populus x canadensis conti 12*. Se plantará en filas dobles, con una distancia de 1 m entre filas y 1 m entre plantas, plantado en tresbolillo.

En el sector del predio aledaño a las instalaciones del matadero, se proyecta la plantación de especies perennes de pasturas. Como pastura se sembrará *Festuca arundinacea*, adaptada a la zona, con buen desarrollo radicular y potencial de absorción de agua.

Antes de su establecimiento es recomendable realizar un buen control de malezas y buena preparación del terreno. Cuando se establece esta pastura sola, se utiliza por hectárea de 10 – 25 kilos de semilla la cual se puede sembrar al voleo.

No se realizará el corte de la pastura para no dañar las líneas de goteo que son superficiales. El objetivo de la siembra es la absorción de los efluentes y no su aprovechamiento posterior.

Consideraciones para el cálculo del sistema de riego:

Los cálculos de riego se hacen utilizando la evapotranspiración potencial para el cultivo calculada para el mes de máxima demanda, que es febrero. Las precipitaciones de agua y nieve, si bien alcanzan valores promedio superiores a 800 mm anuales, no se consideran en el diseño del sistema de riego, dado que se producen en los meses de demanda baja. La recomendación es que en caso de ocurrir precipitaciones en invierno, no se realice el riego ese día.

Para el mes de febrero la ETP es de 5,11 mm/día. La eficiencia del sistema de riego por goteo de 90% en suelos de textura media. El Kc máximo considerado es de 1 para los pastos alameda. El factor de localización es 1,403. Considerando los factores correspondientes, la lámina requerida en el mes más crítico es de 8,85 mm diarios.

La superficie a regar es de 380 m² de plantación de álamos (380 m x 1 metro entre filas) y 2560 m² de pasturas, sector A (80 m x 32 m). Dando una demanda máxima total de 26,01 m³/día en febrero. La frecuencia de riego será diaria, de lunes a viernes. No se regará sábados y domingos ya que la planta de faena está cerrada.

En una primera etapa, se generan como máximo 10.000 litros diarios de efluente en la planta de tratamiento.

Este caudal diario de efluente medio, será utilizado para regar las cortinas rompevientos perimetrales y el sector A.

Provisión de agua para riego:

Se colocará un tanque enterrado de 23.000 litros, que contará con dos flotantes eléctricos encargados de regular la toma desde los tanques de la PTE y de la perforación agua. Dado que el volumen disponible máximo de efluentes tratados para riego es de 10 m³/ día (en la primera etapa), y la demanda máxima es de 26 m³/día, se requerirá suplementar el agua para el riego.

Bomba:

Una bomba centrífuga trifásica de 7.5 Hp captará el agua desde la cisterna y la enviará por la cañería primaria de conducción.

Sistema de distribución:

El agua sale de la bomba conducida por 2 cañerías de PVC, una de 50 mm y otra de 75 mm, una por turno de riego, con sus respectivas válvulas.

Las líneas de goteros tienen una longitud máxima de 100 metros en el sector alamedas y 80 m en el sector pasturas.

Alameda:

El riego de la alameda se realizará a través de mangueras de 20 mm con goteros de 4 l/h cada 1 m . Desde la cañería principal salen 4 secundarias, con 3 líneas de goteros cada una, distanciadas 1 m entre sí, de acuerdo al plano.

La cantidad de goteros para los 1140 m de manguera es de 1140 (una línea a cada lado externo de las filas, y una línea central, con una separación de 1m entre sí). El caudal requerido para este sector es de 4.56 m³/h.

Pasturas:

La cañería principal, para el sector de pasturas, es telescópica, pasando en la mitad del recorrido de la cabecera de las líneas de goteros , a 40 mm.

Las cañerías secundarias, con sus respectivas válvulas, nacen a los 32 m (sector A) y a los 64 m del recorrido lateral sur (sector B). Corren paralelas a la cañería principal, y desde allí se colocan las mangueras de riego de 16 mm y de 80 m de longitud.

En el sector de pasturas se colocarán mangueras de 16 mm con goteros integrados de 4 l/h cada 75 cm. Las líneas de manguera estarán colocadas a 1 metro de distancia entre sí, con una longitud de 2560 m y 3413 goteros en total. El caudal requerido para este sector A es de 13,65 m³/h.

Operación del sistema:

El intervalo de riego es de 1 vez al día, de lunes a viernes.

Los turnos de riego son 2: 1 turno para regar las alamedas perimetrales de 0.74 hs; y 1 turno de 1,6 horas para regar las pasturas.

Se requieren 2 electroválvulas, una para cada sector de riego.

Es importante, para garantizar la protección de la bomba, la colocación de filtros adecuados.

El sistema requiere la inyección de biocida permanente mediante Venturi a fin de evitar la proliferación de algas u otros organismos que puedan obstruir las cañerías.

Asimismo, es necesario efectuar un mantenimiento semanal, realizando la purga por medio de las canillas que serán instaladas en las cañerías colectoras al final de cada parrilla.

Etapas 2.

En esta etapa se agrega a la plantación existente un sector de pasturas “B”, de 2560 m² de superficie, contiguo al sector A, hacia el este.

Una cañería principal de 75 mm conducirá el agua desde la bomba, por el lateral sur. Desde allí, a los 64 m de recorrido por el lateral S, sale la cañería secundaria paralela a la primera, regulada por una electroválvula. De la cañería secundaria salen 32 líneas de goteros de 16 mm cada 1 m. Los goteros se colocan cada 0,75 m. Las líneas de goteros tienen una longitud de 80 m.

Cada subsector de líneas tendrá al final una cañería con canilla de purga.

El volumen total de agua requerido por los cultivos del sector B será de 13,65 m³/día en febrero.

NOTA: Para el resto de los meses se realizará el cálculo de tiempo de riego, de acuerdo a la demanda.

El horario de riego recomendado es por la mañana en verano, a fin de observar el funcionamiento del sistema. Durante el invierno hay que evitar el congelamiento del agua en las cañerías.

- ***Planos de sistemas de riego***

Se adjunta plano con diagrama de ubicación tanque de bombeo, bomba y cañerías para el sistema de riego.

ANEXOS

CÁLCULOS PARA DETERMINAR USO DE N y P por parte de los cultivos

ETAPA 1	2940	m2										
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Efluentes diarios * etapa1 (m ³)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
N gr/día ^{*1}	199	199	199	199	116	116	116	116	116	116	199	199
N gr/mes	3980	3980	3980	3980	2320	2320	2320	2320	2320	2320	3980	3980
N TOTAL kg/año	37.8											
N TOTAL kg/ha/año	128,5 7											
Demanda mínima de los cultivos en kg/ha/año	140											
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Efluentes diarios actual (m ³)*	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
P gr/día ^{*1}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
P gr/mes	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
P TOTAL kg/año	2.4											
P TOTAL kg/ha/año	8,39											
Demanda mínima de los cultivos en kg/ha/año	30											
ETAPA 2	5500	m2										
Efluentes diarios etapa1 (m ³) *	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
N gr/día ^{*1}	398	398	398	398	232	232	232	232	232	232	398	398
N gr/mes	7960	7960	7960	7960	4640	4640	4640	4640	4640	4640	7960	7960
N TOTAL kg/año	75.6											
N TOTAL kg/ha/año	137.4 5											

Demanda mínima de los cultivos en kg/ha/año	140											
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Efluentes diarios actual (m3) *	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
P gr/día ^{*1}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
P gr/mes	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
P TOTAL kg/año	4.8											
P TOTAL kg/ha/año	8,73											
Demanda mínima de los cultivos en kg/ha/año	30											

*Nota *1: Nutriente aportado por la PTE.*

CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE CULTIVOS

Tomando como referencia lo expresado en el documento "Sistemas de Disposición Final de Efluentes mediante Reuso para Riego" elaborado por ITAMA – UNCOMA, se exponen los criterios utilizados para la selección de los cultivos.

El objetivo principal propuesto en el diseño de estos sistemas es dar tratamiento final a los efluentes secundarios generados en establecimientos sin conexión cloacal para evitar el vertido y contaminación de acuíferos.

Se propone la utilización de cultivos de alta productividad y adaptados a las condiciones regionales. Se priorizan los cultivos con altas tasas de crecimiento y extracción de nutrientes que minimicen la superficie necesaria para dar tratamiento a los efluentes.

- A nivel regional no hay ensayos suficientes que demuestren el uso seguro de efluentes para el riego de cultivos de consumo humano, no existe tampoco una estructura adecuada que permita el control y fiscalización de los mismos. Por esta razón se propone la autorización de riegos sobre cultivos no consumidos por humanos.

Si bien este aspecto plantea una limitación al aprovechamiento de las aguas residuales, se considera que la implementación de esta normativa genera experiencia regional para poder normar y autorizar a futuro una gama más amplia de cultivos.

- Parte de la estrategia de gestión de riesgos sanitarios es restringir los cultivos a irrigar, y va acompañada por otras medidas entre las cuales se encuentra el establecimiento de estándares de calidad para el uso de aguas residuales.

Los cultivos permitidos y los estándares de calidad propuestos son interdependientes entre sí y forman parte de la estrategia general de gestión de riesgos sanitarios (OMS, 2006). La propuesta de utilizar cultivos no consumidos por humanos permite la flexibilización de los estándares y se espera facilite su adopción.

En función de los aspectos antes mencionados y a partir de una clasificación realizada por la OMS (2006) para cultivos en donde es necesaria la protección solamente para los trabajadores del campo, se proponen los siguientes:

- I. Cultivos silvícolas en zonas cerradas sin acceso público.
- II. Cultivos forrajeros secados al sol y recolectados antes de ser consumidos por los animales.

Quedaría prohibido entonces la irrigación de cultivos de consumo humano y el pastoreo directo de animales sobre los cultivos forrajeros.

Cada proyectista deberá tener en cuenta a la hora de elegir los cultivos a utilizar que el objetivo principal del sistema es dar tratamiento y destino final a los efluentes generados en el establecimiento por el periodo de tiempo durante el cual opere. Esto significa que, además de seleccionar cultivos en función de los intereses particulares de cada establecimiento, también deberá:

- Favorecer la implantación de cultivos con altas tasas de crecimiento y absorción de nutrientes.
- Garantizar el crecimiento óptimo de los mismos a partir de un plan de manejo adaptado a la región.
- Si no puede garantizar la continuidad en cultivos intensivos en mano de obra y/o recursos debe priorizar aquellos de menor demanda.
- Garantizar y planificar la cosecha y destino final de la biomasa generada como parte fundamental del sistema de disposición final de efluentes.
- Para reducir el riesgo sanitario en el aprovechamiento de los cultivos debe dejarse un tiempo prudencial entre el último riego y la cosecha o corte. Se propone que este tiempo no sea menor a dos semanas según recomendaciones de la OMS (2006, Cap 5) y se enmarca en la Estrategia general de gestión de riesgos.

PARÁMETROS TÉCNICOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.

Sector	sup m ²	longitud m	líneas de goteros	m	goteros	q	m ³	T (h)	turnos	válvulas
alameda perimetral	380	380	3	1140	1140	4,56	3,36	0,74	1	1
pastura sector A	2560	80	32	2560	3413	13,65	22,65	1,66	1	1
pastura sector B	2560	80	32	2560	3413	13,65	22,65	1,66	1	1
					7967	31,87	48,65	4,05	3	3

Ítem	Diseño	Observaciones
Superficie Total Predio (m ²)	10000	
Superficie a cultivar Total (m ²)	5500	Superficie total a regar donde se realizará la siembra de pastura y alameda
Tipo Goteros	Tubería emisora por régimen turbulento	Facilidad de instalación, alta resistencia a la obturación, larga vida útil y gran uniformidad de riego
Caudal Goteros	4 l/h	La utilización de emisores de este caudal distanciados a 0,750m nos permite tener la certeza de lograr un mojado uniforme en los distintos tipos y perfiles de suelos donde se instalará el sistema, de forma tal que mediante la regulación de los tiempos de riego se puede lograr un riego uniforme sin el riesgo de pérdidas por lixiviación. En las alamedas el distanciamiento entre goteros es 1 m
Distanciamiento entre Goteros	0.75 m	
Intervalo de Riego	1 día	Se regará todos los días tal de disminuir los volúmenes de almacenamientos necesarios
Tiempo de Riego por turno (h)	0,74h 1,66h 1,66h	Mediante este parámetro, su variación nos permite ajustar la cantidad de agua al momento fenológico del cultivo

Unidades de Riego			3	Las subunidades de riego y su superficie fueron definidas de acuerdo a la disponibilidad de espacio y características de cada sitio en particular
Detalle Unidades de Riego	Unidad A	Superficie (m ²)	2560	
		Nº de Goteros	3413	
	Unidad B	Superficie (m ²)	2560	
		Nº de Goteros	3413	
	Alamedas perimetrales	Superficie (m ²)	380	
		Nº de Goteros	1140	
		Número de Goteros Totales	7967	Total para todas las unidades de riego
Caudal total necesario (m ³ /h)			31,87	
Caudal Bomba Goteros (m ³ /h)			13,65	Caudal máximo necesario para regar las unidades
Presión Trabajo Bomba Goteros (m.c.a.)			39	Presión de trabajo de la bomba encargada de regar las unidades
Potencia Bomba Goteros (Hp)			7,5	Equipo comercial a adquirir, teniendo en cuenta las pérdidas de carga del sistema
Volumen Almacenamiento Agua (m ³)			35 +25	Contempla el volumen de agua que utilizará el equipo en un día de máxima demanda (Febrero)
Provisión de Agua Externa Máxima (m ³ /día)			48,65	Mínimo requerido para el funcionamiento del sistema en un día de máxima demanda (Febrero) suponiendo que no hay provisión de la planta de tratamientos de efluentes
Provisión de Agua Externa Mínima (m ³ /día)			28,65	Caudal externo requerido para regar en el mes de máxima demanda, con el matadero funcionando a máxima capacidad.

Estudios de suelo- Información Adicional Relevada

1. Determinación de la Infiltración

Se realizó un ensayo de infiltración del suelo con infiltrómetro de carga constante o doble anillo in situ, a continuación, se detalla la metodología:

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos.

Para su determinación a campo se utiliza el infiltrómetro de anillo que consiste en dos anillos concéntricos de hierro o de acero, el mayor de 50 cm y el menor de 30 cm de diámetro donde se ubica una escala graduada.

Instalados ambos cilindros, se vierte el agua en el cilindro interior y se miden los descensos del nivel de agua para distintos tiempos previamente establecidos. Las lecturas se realizan al comienzo cada 5 o 10 minutos para luego hacerlas más espaciadas a medida que la infiltración disminuye. Cabe aclarar que el tiempo estará condicionado al tipo y características del suelo.

En el cilindro exterior solo se debe tener cuidado de mantener agua hasta un nivel medio. En el cilindro interior es donde se hace la determinación y es importante rellenar el cilindro hasta el cero de la escala, cada vez que la superficie libre haya descendido unos 5 centímetros (se asume h constante).





Dado que la localización del área a forestar está afuera del predio de Matadero, se sugiere ubicar un frentómetro en dicho sitio para el seguimiento de los percolados. Así los ubicados dentro del predio podrán ser utilizados como blanco.

Resultados de los análisis de suelo y agua freática:



INTEGRANTE DE LA RED A.L.A.C. Y FUNDACIÓN A.L.A.C.
(Asociación de Laboratorios Alta Complejidad)
Director: Bqco. Angel J. Kossman

Mengelle 811/801 - (8324) Cipolletti - R.N.
Tel/Fax: (0299) 478-5834/477-4488 - Cel: (0299) 154-842550
industriales@idac-laboratorios.com.ar
administracion@idac-laboratorios.com.ar
idackoss@idac-laboratorios.com.ar

Solicitante: **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**
Domicilio: **BUENOS AIRES 1400**

Análisis N° **4-27297**
Localidad: **NEUQUEN**
Fecha: **1° de junio de 2017**

Página: 1

DATOS DE LA MUESTRA

Material examinado : Suelo
Sitio de extracción : Loncopue
Fecha y Hora de extracción : 29/05/2017
Motivo del Análisis : Control
Responsable de extracción : Horne Federico
Solicitante..... : Universidad Nacional del Comahue
Fecha recepción de muestra : 01/06/2017

Fecha de Finalización del Análisis : 17/06/2017

ANALISIS PARA SUELO

Conductividad..... : 352 μ S/cm
Método: (SMWaW 2510-B)

pH..... : 7,9
Método: (SMWaW 4500-B)

Materia Orgánica : 1,85 %
Método: (Dicromato-EFM)

Nitrógeno total..... : 0,092 %
Método: Nitrógeno Kjeldahl.

Fósforo Total : 232 ppm
Método: (SMWaW 4500B5 -E)

Potasio : 214 ppm
Método: (SMWaW 3500 -D)

Calcio : 698 %
Método: (SMWaW 3500-D)

Magnesio : 97 ppm
Método: ICP-AES - Espectroscopia de emisión de plasma acoplado inductivamente
Nota: Práctica derivada a Red A.L.A.C.

Sodio : 50.6 ppm
Método: (SMWaW 3500-D)

Sulfatos (en SO4)..... : 33 ppm
Método: (SMWaW 4500-E)

Dureza Total (en CaCO3) : 0,2 ppm
Método: (SMWaW 2340-C)

Capacidad de Intercambio Catódico..... : 5
Método: Varios


NOELIA CAMPI
BIOQUIMICA
M.P.N. 662 - M.P.R.N. 1817

NOTA : Muestra no extraída por personal del laboratorio. Éste no se hace responsable del método de extracción utilizado y/o la real procedencia de la muestra analizada. Los resultados sólo están relacionados con la muestra ensayada. El laboratorio no se responsabiliza por el destino que el Cliente le de al presente análisis y

Protocolo validado y firmado digitalmente
Certificación ISO 9001:2008



Mengelle 801 - (8324) Cipolletti - R.N.
Tel/Fax: (0299) 471-4488
idackoss@idac-laboratorios.com.ar
www.idac-laboratorios.com.ar
Director: Bqca Angel J. Kossman
Co Director: Bqca Alejandro V. Kossman



INTEGRANTES DE LA RED A.L.A.C. Y FUNDACION A.L.A.C. (Asociación de Laboratorios Alta Complejidad)

Certificación
ISO 9001



Paciente: **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**
Doctor: **HORNE**

Protocolo N° **4-27539**
Fecha: **26 de julio de 2017**

Página: 1

DATOS DE LA MUESTRA

Material examinado : Agua
Sitio de extracción : Alumine
Motivo del Análisis : Control
Responsable de extracción : Federico Horne
Solicitante..... : Universidad Nacional del Comahue
Fecha recepción de muestra : 26/07/2017

Fecha de Finalización del Análisis .. : 12/08/2017

ANALISIS PARA AGUA

pH.....	7,3
Método: (SMWaW 4500-B)	
Conductividad.....	290 µS/cm
Método: (SMWaW 2510-B)	
Hidrocarburos Totales	No detectable
Método: TNRCC 1005 - Cromatografía GC/FID	
Límite de detección: 5 mg/l	
Detergentes	menor que 0,025 mg/l
Método: (SMWaW 5540-C)	
Fenoles	menor que 0,01 mg/l
Método: (SMWaW 5530-B-C)	
Aceites y grasas	19 mg/l
Método: (SMWaW 5520-B)	
Cloro Residual Activo.....	menor que 0,1 mg/l
Método: (SMWaW 4500-G)	
D.B.O.	6 mg/l
Método: (SMWaW 5210B)	
D.Q.O.	9 mg/l
Método: (SMWaW 5220D)	
Nitrógeno Total.....	0,1 mg/l
Método: (SMWaW 4500-C)	
Fósforo Total	0,06 mg/l
Método: (SMWaW 4500B5 -E)	
Escherichia Coli.....	menor que 3 NMP/100 ml
Método: (SMWaW 9221 F)	

NOTA : Muestra no extraída por personal del laboratorio. Éste no se hace responsable del método de extracción utilizado y/o la real procedencia de la muestra analizada.
Los resultados sólo están relacionados con la muestra ensayada.
El laboratorio no se responsabiliza por el destino que el Cliente le de al presente análisis y

Sistemas de Aireación para Tratamiento de Efluentes Líquidos Industriales y Cloacales

La mejor alternativa
para optimizar
los costos operativos

Los que saben
eligen **confiabilidad.**

Los que saben eligen



REPICKY

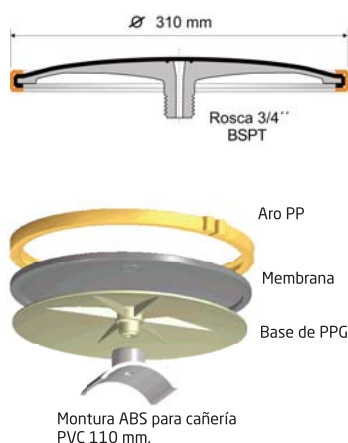
Desde 1965, el aire confiable en sus proyectos.

**REPICKY**

Información Técnica

Los difusores de membrana Repicky se fabrican en dos versiones, de burbuja fina y de burbuja gruesa.

Los primeros, modelo RG- 300 con miles de microperforaciones, permiten obtener valores muy altos de transferencia de O_2 siendo ideales para su instalación en los reactores aeróbicos de las plantas de tratamiento de efluentes, tanto industriales como cloacales.



Para otros diámetros o materiales de cañerías consultar el tipo de adaptador.

Por otra parte los difusores de burbuja gruesa modelo CB-300, se utilizan en tanques de ecualización, digestores aeróbicos y también en cámaras de aireación de efluentes con muy baja demanda de O_2 (DBO).

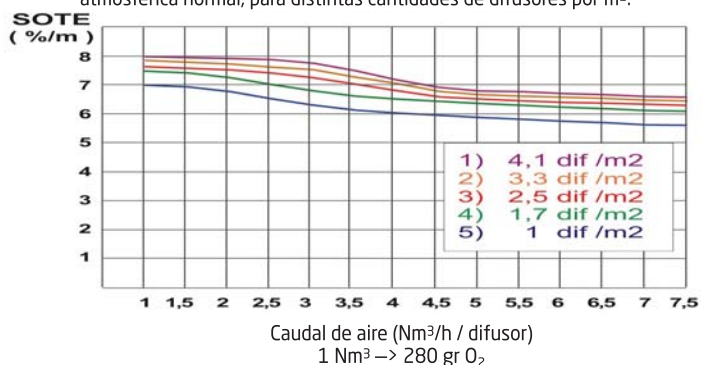
Consulte por nuevos materiales disponibles para su efluente industrial.

Difusor de burbuja fina | RG-300

Rango de caudal:	2 a 8 $Nm^3/hora$
Caudal de diseño:	5 $Nm^3/hora$
Pérdida de carga:	20 mbar para 2 $Nm^3/hora$ 40 mbar para 5 $Nm^3/hora$ 70 mbar para 8 $Nm^3/hora$
Densidad:	1 a 6 difusores/ m^2
SOTE:	15,4 gr. (5,5%) a 22,4 gr. (8%) por m^3/h de aire y por m de profundidad.
Eficiencia de transferencia de O_2 :	2,5 – 6 Kg. O_2/KWh



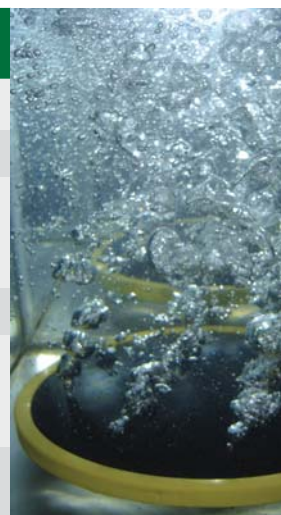
Transferencia de O_2 para el modelo RG-300 por metro de profundidad en función del caudal de aire por difusor [m^3/h] a 20 °C, agua limpia y presión atmosférica normal, para distintas cantidades de difusores por m^2 .



La membrana de EPDM o Acrilo nitrilo de ambos modelos, permite operar en forma intermitente, sin que ingrese líquido a las cañerías sumergidas facilitando el arranque de los sopladores de aire.

Difusor de burbuja gruesa | CB-300

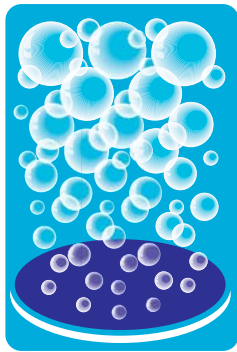
Rango de caudal:	3 a 25 $Nm^3/hora$
Caudal de diseño:	10 $Nm^3/hora$
Pérdida de carga:	20 mbar para 3 $Nm^3/hora$ 40 mbar para 10 $Nm^3/hora$ 70 mbar para 25 $Nm^3/hora$
Densidad:	0,5 a 3 difusores/ m^2
SOTE:	5,1 gr. (1,8%) a 7,4 gr. (2,6%) por m^3/h de aire y por m de profundidad.
Eficiencia de transferencia de O_2 :	0,8 – 2 Kg. O_2/KWh



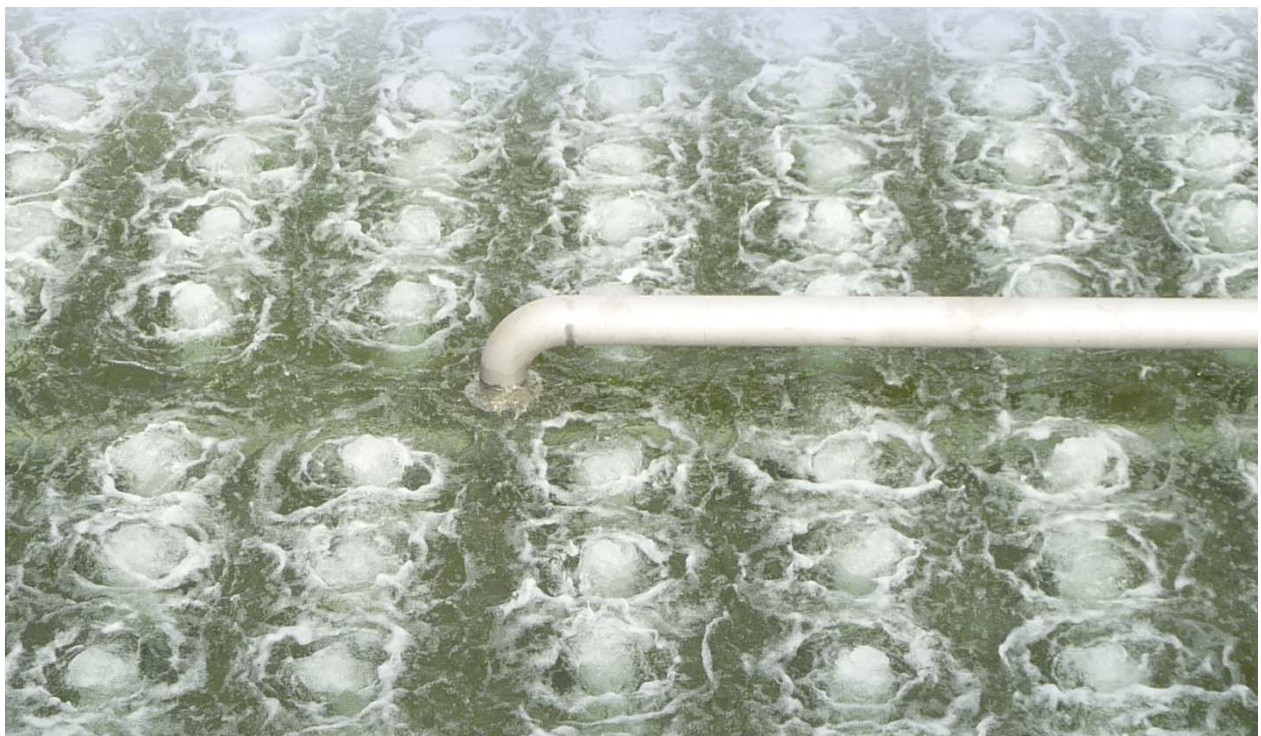
Sistemas de Aireación para Tratamiento de Efluentes Líquidos Industriales y Cloacales

Ofrecemos sistemas de alta eficiencia para la aireación y mezcla de efluentes líquidos industriales y cloacales. La tecnología desarrollada por REPICKY permite el uso de los sistemas de aireación no sólo en nuevos proyectos sino en la optimización de plantas existentes.

Principales ventajas frente a la aireación mecánica:



- Ahorro de energía eléctrica de hasta un 50%.
- Mayor flexibilidad ante demandas de oxígeno variables.
- Eliminación de spray contaminantes en los alrededores de la planta.
- Menores costos de mantenimiento.
- Eliminación de zonas muertas en cualquier geometría de reactor y en cualquier profundidad.
- Posibilidad de crecimiento modular tanto en los difusores como en los sopladores, lo que permite cubrir las necesidades de aire en forma confiable y con los montos de inversión adecuados en cada etapa del crecimiento.



Sistemas de Grilla Fija

Es el sistema más económico para la instalación de difusores de membrana. Suele utilizarse cuando existen dos o más reactores, de modo que se pueda realizar el mantenimiento programado en un tanque, mientras los otros continúan en operación. También se los puede utilizar en plantas medianas y pequeñas con un solo reactor, siempre que se pueda vaciar sin mayores inconvenientes en paradas generales de planta programadas.

Existen distintas configuraciones de grillas que permiten adaptarse a todas las geometrías de tanques, de modo de operar en forma eficiente aún en procesos con demandas de O_2 variables.

Los difusores son montados en ramales de PVC o PP y llevan soportes regulables de acero inoxidable para su vinculación al fondo y su correcta nivelación.





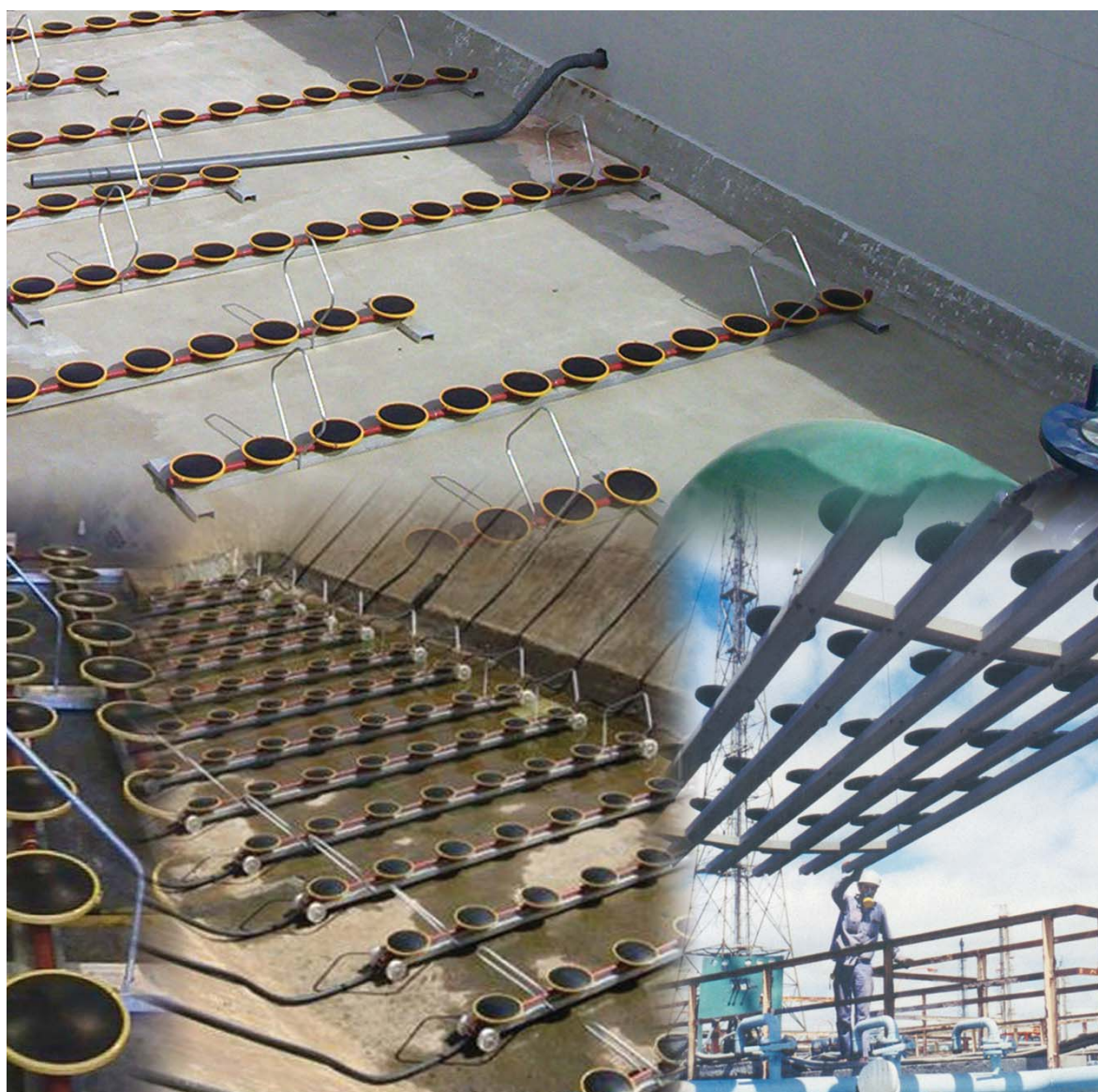
REPICKY

Sistemas de Módulos Removibles

Son recomendados para aquellas instalaciones en las que no es recomendable el vaciado del reactor. En este caso la grilla se divide en módulos removibles con alimentación independiente de aire.

Existen distintas configuraciones de módulos que se adaptan a todas las geometrías, incluyendo plantas en operación.

Para lograr que el módulo quede correctamente posicionado en el fondo, las cañerías plásticas se montan sobre una estructura metálica que le da rigidez y el peso suficiente para que el modulo quede en el fondo.



Más productos en **REPICKY.com.ar**

Los Sistemas Repicky son la mejor opción para la aireación de efluentes líquidos, industriales o cloacales.

Los difusores de membrana garantizan altas tasas de transferencia de O_2 , optimizando los costos operativos en comparación con la aireación mecánica convencional.

Nuestros servicios abarcan desde la ingeniería para la correcta selección del sistema, hasta la provisión llave en mano cuando es requerido por el cliente.

La línea de Sopladores comprende equipos desde 10 m³/h hasta 12.800 m³/h y presiones relativas de hasta 1 bar, ideales para instalaciones en reactores profundos.

Los equipos Repicky son reconocidos internacionalmente por su robustez, confiabilidad y permanencia en los mercados y procesos mas exigentes del mundo.



REPICKY

Gral. Smith 76 - (B1883FKB) Bernal Oeste - Bs. As. - Argentina
E-mail: info@repicky.com.ar - Web: www.repicky.com.ar
Tel/Fax: (54 11) 5354-5100 / 4259-2636

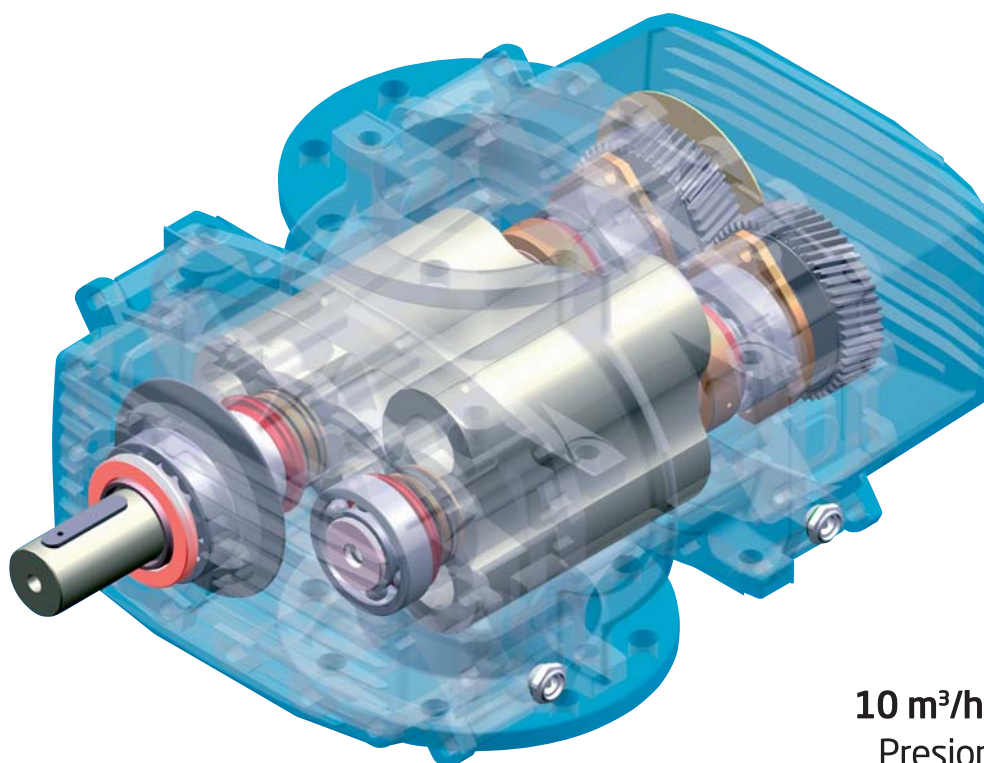


Seguinos en



Repicky se reserva el derecho de modificar parcial o totalmente la información contenida en este catálogo.
Sugerimos solicitar medidas actualizadas al hacer su pedido.

Sopladores de Aire y Bombas de Vacío de Lóbulos Rotativos



Serie RA

Equipos desde
10 m³/h a 12800 m³/h.
Presiones hasta 1 bar.
Vacío hasta 0,5 bar.

Los que saben
eligen **confiabilidad.**

Los que saben eligen

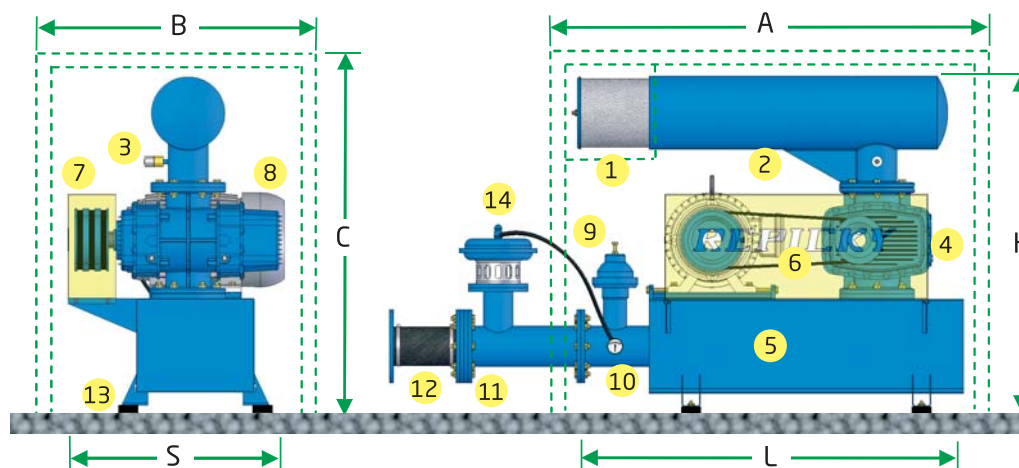
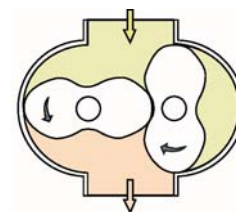


REPICKY

Desde 1965, el aire confiable en sus proyectos.

Sopladores y Bombas de Vacío de Lóbulos Rotativos

Equipo con accesorios



Referencias:

- 1- Filtro de aire
- 2- Silenciador de admisión (para equipos de vacío lleva brida ANSI para conexión a proceso)
- 3- Indicador de filtro obstruido (IFO)
- 4- Soplador o Cabezal
- 5- Base compacta con silenciador de impulsión incluido
- 6- Transmisión por correas y poleas o acople elástico.
- 7- Cubretransmisión
- 8- Motor normalizado (puede ser provisto por el cliente)
- 9- Válvula de alivio por presión o vacío.

10- Manómetro en baño de glicerina

11- Válvula de retención a clapeta

12- Amortiguador de vibraciones de caucho

13- Tacos antivibratorios (pueden ser provistos por el cliente)

Opcionales:

- 14- Válvula automática para arranque sin carga y pieza Tee.
- Cabina acústica panelizada con reducción entre 15 y 20 db (A) dependiendo condiciones operativas.
- Termómetro con o sin contacto de máxima
- Presóstato y/o vacuóstato
- Amortiguador de vibraciones de acero inoxidable
- Motores especiales.

Medidas generales en mm

Modelo	A	B	C	L	S	H	Conexión Salida	Peso sin motor ni cabina [kg]
R100	1039	400	550	890	224	465	1,25" BSP	43
R200	850	500	590	950	432	572	2" BSP	93
R300	1125	864	1000	965	547	752	3" Brida ANSI	218
R500	1125	864	1000	965	674	799	3" Brida ANSI	261
R600	1448	1076	1234	1130	714	886	4" Brida ANSI	366
R1000	1448	1076	1234	1130	755	986	4" Brida ANSI	416
R1200	1448	1076	1234	1130	742	986	4" Brida ANSI	431
R1.5	2152	1372	1562	1460	838	1273	6" Brida ANSI	755
R2.0	2152	1372	1562	1823	990	1400	6" Brida ANSI	827
R2.5	2152	1372	1562	1823	1083	1400	6" Brida ANSI	1125
R3.0	2152	1372	1562	1823	1067	1400	6" Brida ANSI	1199
R3.5	2855	1950	2080	2020	1133	1580	8" Brida ANSI	1579
R3.8	2855	1950	2080	2020	1313	1580	8" Brida ANSI	1679
R4.0	2855	1794	2080	2020	1149	1710	8" Brida ANSI	1780
R4.5	3240	2145	2080	2565	1272	1877	10" Brida ANSI	2232
R5.0	3240	2145	2424	2565	1272	1957	10" Brida ANSI	2728
R5.5	2774	2528	2589	2970	1568	1780	12" Brida ANSI	3304
R6.0	2774	2528	2589	2970	1682	2070	12" Brida ANSI	3721
R6.5	3400	2700	2800	3428	2000	2340	14" Brida ANSI	4848

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.



Δp(mbar)		100		200		300		400		500		600		700		800		900		1000	
Modelo	RPM	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	18	0,7	13,7	0,9												
	2250	54	0,6	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						
	4500	123	1,5	116	1,6	111	2,1	107	2,6	103	3,1	99	3,7	96	4,2						
R200	1450	63	0,6	52	0,9	43,3	1,3	35,9	1,6												
	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				
	4500	249	1,7	238	2,8	229	3,8	222	4,9	215	5,8	209	6,9	204	7,9						
R300	1450	89	0,6	80	1,1	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				
	4500	342	1,8	328	3,2	318	4,7	309	6,0	301	7,4	293	8,7	286	10,2	280	11,5				
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	8,6	254	10,0	246	11,3				
	4500	521	3,0	504	5,0	491	7,1	480	9,2	470	11,3	461	13,4	452	15,4	444	17,6	437	19,6		
R600	1450	185	1,2	158	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				
	4500	698	3,7	692	6,5	651	9,3	634	12,1	618	14,9	604	17,8	591	20,7						
R1000	1450	297	2,0	275	3,3	259	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		
	2900	641	4,0	620	6,6	603	9,1	589	11,7	577	14,3	565	16,8	555	19,4	545	21,9	535	24,5	527	27,1
	4300	974	5,9	953	9,8	936	13,6	922	17,4	910	21,1	898	24,9	888	28,7	878	32,6	868	36,4		
R1200	1450	433	2,5	407	4,4	387	6,2	370	8,1	355	9,8	341	11,8	329	13,5	317	15,3				
	2250	703	4,0	677	6,8	657	9,6	640	12,4	625	15,2	612	18,0	599	21,0	587	23,8				
	2900	922	5,0	897	8,7	877	12,4	860	16,0	845	19,7	831	23,3	819	27,0	807	30,6				
	4300	1395	7,6	1370	13,0	1350	18,3	1333	23,8	1318	29,2	1304	34,5	1292	40,0						
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	25,9	840	29,9	825	33,8				
	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
	3400	1523	9,5	1489	15,3	1461	21,2	1438	27,3	1371	31,2	1352	37,9	1335	43,7	1319	49,6	1304	55,3	1290	61,1
R2.0	1450	892	5,1	850	8,8	816	12,5	788	16,2	763	19,8	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	1728	46,9	1707	54,3	1688	61,7				
	3400	2222	12,0	2179	20,7	2146	29,3	2117	37,8	2126	47,1	2069	55,1	2048	63,7						
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	2528	50,2	2495	61,9	2465	73,7								
	3400	3147	17,5	3090	31,3	3046	45,2	3009	58,9	2976	72,5										
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		
	1750	1556	8,9	1500	15,1	1457	21,4	1420	27,6	1387	34,0	1357	40,2	1329	46,4	1303	52,7	1279	59,0	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	23,8	2418	33,7	2381	43,5	2348	53,3	2318	63,1	2290	72,9	2264	82,7	2240	92,6		
R3.5	1450	1707	9,2	1626	16,2	1562	23,3	1508	30,3	1461	37,2	1418	44,3	1377	51,3	1340	58,4				
	1750	2097	11,1	2016	19,6	1953	28,0	1899	36,6	1851	45,0	1808	53,4	1768	62,0	1731	70,4				
	2250	2749	14,3	2667	25,1	2605	36,1	2551	46,9	2503	57,9	2460	68,2	2420	79,6	2382	90,6				
	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								
	1750	2967	14,7	2838	26,9	2738	38,9	2654	51,2	2578	63,1	2510	75,3								
	2250	3897	18,9	3768	34,5	3668	50,1	3583	65,6	3509	81,2	3440	96,7								
	2750	4827	23,2	4698	42,2	4598	61,2	4513	80,2	4438	99,2	4370	118								
R4.0	1000	1676	9,4	1600	16,3	1539	23,2	1488	30,1	1442	36,9	1400	43,7	1363	50,6	1326	57,5	1293	64,4		
	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
	2150	3804	20,2	3728	34,9	3667	49,8	3616	64,5	3570	79,3	3528	94,1	3490	109	3454	124	3421	139		
R4.5	1000	2262	11,7	2160	21,0	2080	30,3	2014	39,6	1953	48,8	1900	58,1	1848	67,3	1800	77				
	1450	3382	17,1	3281	30,5	3202	43,9	3134	57,3	3074	70,8	3020	84,2	2970	97,7	2923	111				
	1750	4131	20,6	4028	36,8	3950	55,7	3882	69,3	3822	85,5	3768	102	3718	118	3670	134				
	2150	5128	25,3	5025	45,2	4947	65,2	4978	84,6	4818	105	4763	125	4714	145						
R5.0	900	3080	18,8	2945	31,4	2842	44,0	2752	56,6	2675	69,2	2605	82	2537	94	2475	107	2418	119		
	1150	4020	24,2	3885	40,2	3780	56,2	3692	72,3	3612	88,3	3542	104	3475	120	3414	136	3356	153	3300	169
	1450	5145	30,4	5010	50,6	4907	70,9	4820	91,2	4740	111	4670	132	4603	152	4540	172	4482	192	4427	213
	1700	6084	35,6	5950	59,4	5845	83,1	5757	107	5680	131	5609	154	5543	178	5480	202	5420	226		
R5.5	900	4640	25,0	4465	43,7	4325	62,5	4208	81,2	4107	100	4010	119	3925	137	3840	156				

Tabla de Selección de Sopladores trabajando como Bomba de Vacío

Los valores indicados con una tolerancia de +/- 5 %, tanto de caudal de succión como de potencia del cabezal sin accesorios, corresponden a descarga a presión atmosférica normal P= 1013 mbar y temperatura de admisión del aire T = 20°C. Para otros gases y/o condiciones operativas, incluyendo necesidades simultáneas de presión y vacío, consultar.

$\Delta p(\text{mbar})$		100		200		300		400		500	
Modelo	RPM	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	0,4	20	0,5	12	0,7				
	2250	53	0,6	45	0,8	37	1,1				
	2900	73	0,7	64	1,1	57	1,4				
	4500	122	1,1	113	1,7	105	2,1	97	2,6		
R200	1450	62	0,6	47	0,9	34	1,3				
	2250	110	0,9	96	1,4	82	1,9				
	2900	150	1,2	136	1,9	122	2,4	108	3,104		
	4500	248	1,7	233	2,9	219	3,8	205	5		
R300	1450	87	0,6	70	1,1	53	1,5				
	2250	154	0,9	136	1,7	119	2,3	101	3,0		
	2900	207	1,2	190	2,1	173	3,0	155	3,9		
	4500	340	1,8	322	3,3	306	4,7	288	6,0		
R500	1450	140	1,0	118	1,7	104	2,3				
	2250	240	1,5	210	2,6	197	3,7	169,75	4,7		
	2900	319	1,9	298	3,4	277	4,6	256	5,9		
	4500	518	3,0	496	5,2	476	7,1	454	9,2		
R600	1450	181	1,2	147	2,2	115	3,0				
	2250	315	1,8	281	3,4	249	4,7	215	6,1		
	2900	425	2,4	391	4,3	359	6,0	325	7,9		
	4500	686	3,7	660	6,7	628	9,3	594	12,1		
R1000	1450	294	2,0	266	3,4	240	4,6	212	5,8		
	2250	484	3,1	456	5,3	430	7,1	403	9,1		
	2900	638	4,0	611	6,8	585	9,1	557	11,7		
	4300	972	6,0	944	9,8	919	13,6	892	17,4	858	21,1
R1200	1450	429	2,5	396	4,5	365	6,2	322	8,1		
	2250	669	4,0	666	7	635	9,6	602	12,4		
	2900	919	5,0	886	9	854	12,4	822	16,0	784	19,7
	4300	1459	7,9	1426	14	1395	19,2	1362	24,8		
R1.5	1450	599	4,0	578	7	513	9,1	468	11,6		
	2250	976	6,2	932	10,4	889	14,1	844	18,0		
	2900	1283	8,0	1238	13,5	1197	18,7	1152	23,2	1103	28,3
	3400	1518	9,3	1474	15,8	1431	21,2	1386	27,3	1338	33,2
R2.0	1450	886	5,1	831	9,1	799	12,5	724	16,102		
	2250	1431	8,0	1376	14,1	1324	19,4	1269	25,0	1206	30,7
	2900	1874	10,3	1819	18,1	1767	24,9	1712	32,3	1648	39,7
	3400	2215	12,0	2160	21,3	2108	29,3	2053	37,8		
R2.5	1450	1261	6,6	1189	12,2	1121	17,0	1049	22,2		
	2250	2031	10,3	1959	18,9	1891	26,4	1819	34,4		
	2900	2657	13,3	2585	24,4	2516	34,0	2444	44,4		
	3400	3138	15,5	3066	28,6	2998	39,9	2925	52,1		
R3.0	1450	1260	7,4	1188	12,9	1120	17,8	854	19,7		
	1750	1548	8,9	1477	15,1	1408	22	1295,9	28,5	1214,4	34,9
	2250	2029	11,4	1957	19,5	1889	27,5	1816	35,5	1733	43,6
	2750	2509	14,0	2437	24,5	2369	33,7	2270	43,5	2214	53,3
R3.5	1450	1694	9,2	1591	16,7	1492	23,3	1382	30,3		
	1750	2085	11,1	1981	20,2	1882	28,0	1778	36,6		
	2250	2737	14,3	2632	25,9	25,34	36,1	2448	46,9	2308	57,8
	2750	3389	17,5	3284	31,7	3185	44,0	3080	57,4		
R3.8	1450	2390	12,2	2225	22,9	2070	32,3	1903	42,3		
	1750	2948	14,7	2784	27,7	2627	38,9	2462	51,0		
	2250	3878	18,9	3713	35,6	3558	50,1	3391	65,6	3202	81,2
	2750	4808	23,2	4643	43,5	4487	61,2	4329	80,2		
R4.0	1000	1665	9,4	1565	16,8	1472	23,2	1371	30,0		
	1450	2498	13,6	2399	24,3	2304	33,6	2204	43,6	2089	53,5
	1750	3053	16,4	2953	29,3	2859	39,9	2759	52,6	2644	64,6
	2150	3794	20,2	3693	36	3600	49,8	3499	64,5	3384	79,3
R4.5	1000	2247	11,7	2115	21,7	1992	30,3	1861	39,6		
	1450	3367	17,1	3237	31,4	3113	43,9	2980	57,3	2831	70,8
	1750	4115	20,6	3984	37,9	3860	53,0	3729	69,3	3577	85
	2150	5112	25,3	4980	46,6	4856	65,1	4725	85,1		
R5.0	900	3059	18,8	2888	32,4	2724	43,9	2552	56,6		
	1150	4000	24,2	3827	41,4	3665	56,3	3492	72,3		
	1450	5125	30,4	4952	52,2	4791	70,9	4620	91,2	4422	111
	1700	6066	35,6	5893	61,2	5729	83,1	5556	107	5360	131
R5.5	900	4616	25,0	4388	45,1	4173	62,5	3943	81		
	1150	6017	32,0	5788	57,7	5573	79,8	5343	104	5080	128
	1450	7691	40,4	7466	72,7	7252	101	7025	131	6760	161
	1700	9091	47,2	8866	85,2	8648	118	8423	153		
R6.0	800	5854	34,5	5585	60	5327	82	5049	106		
	1000	7450	43,2	7175	75	6919	102	6645	132	6328	162
	1200	9040	51,8	8764	90	8511	123	8234	158	7919	194
	1350	10233	58,3	9961	101	9868	138	10225	191	9109	218
R6.5	800	7892	42,6	7548	76,6	7230	106	6881	138		
	1000	10025	53,3	9689	95,8	9365	133	9017	172	8622	212
	1200	12158	63,9	11816	115	11493	159	11154	207	10760	254
	1350	13768	71,9	13425	129	13099	179	12749	233	12361	286



Recomendamos verificar con Repicky o su representante, el motor adecuado para las condiciones de operación solicitadas, ya sean de presión o vacío.



Conversión de Unidades

Caudal

Nm³/h (aire) x 1,0728 = m³/h std
 Pie³/min (SCFM) x 1,69 = m³/h std
 l/h x 0,001 = m³/h standard
 L/mín x 0,06 = m³/h std.

Presión

PSIG (lb/plg²) x 68,9 = mbar
 At(Kg/cm²) x 980,06 = mbar
 m H₂O a 4°C x 98 = mbar
 mmHg a 0°C x 1,332 = mbar
 Torr x 1,333 = mbar

Potencia

HP x 0,746 = KW
 KW x 1,341 = HP



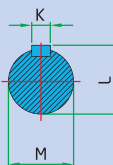
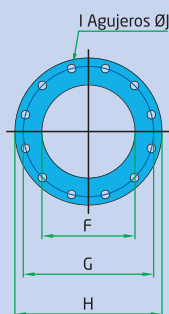
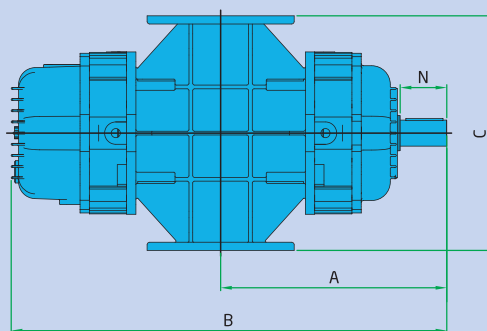
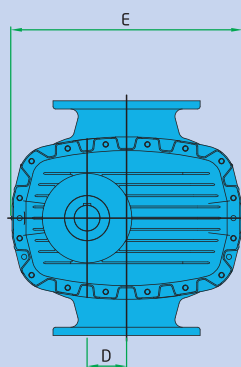
Soplador R300
con accesorios



Soplador MR-100,
acople directo con
accesorios



Soplador R 2.0
con accesorios



Los equipos pueden proveerse también para flujo horizontal. Solicite más información a Repicky.



Rotores
sincronizados



Cabezal R2.5AV

Modelo	Dimensiones Generales					Detalle Bridas					Eje				Peso
	A	B	C	D	E	ØF	ØG	ØH	I	ØJ	K	L	ØM	N	Kg
R100		Solicite folleto para este modelo													21
R200	200	382	193	34	215	50	125	150	4	11	8	33	30	66	38
R300	221	427	214	34	215	80	160	200	4	18	8	32	30	70	41
R500	258	516	260	43	260	80	160	200	4	18	12	42	40	85	64
R600	286	572	260	43	260	100	180	220	8	18	12	42	40	85	69
R1000	319	636	360	53,3	332	100	180	220	8	18	14	47,5	45	97	110
R1200	361	718	360	53,3	326	100	180	220	8	18	14	47,5	45	96	120
R1.5	376	741	400	67,5	430	150	240	285	8	22	16	57,5	55	99	193
R2.0	428	846	400	67,5	435	150	240	285	8	22	16	57,5	55	99	222
R2.5	498	986	400	67,5	430	150	240	285	8	22	16	57,5	55	99	234
R3.0	475	917	500	84	487	150	240	285	8	22	18	63	60	125	302
R3.5	529	1018	500	83,8	487	200	295	340	8	22	18	63	60	120	393
R3.8	620	1198	500	84	487	200	295	340	8	22	18	63	60	125	470
R4.0	542	1039	630	106	615	200	295	340	8	22	20	74	70	125	571
R4.5	607	1170	630	106	615	250	350	395	12	22	20	74	70	125	814
R5.0	605	1162	710	135	842	250	350	395	12	22	25	94	90	135	1250
R5.5	720	1392	710	135	842	300	400	440	12	22	25	94	90	135	1360
R6.0	837,5	1578	1000	167,5	960	300	400	445	12	22	28	106	100	210	1780
R6.5	947,5	1798	1000	167,5	975	350	460	505	16	22	28	106	100	210	2020

Más productos en
REPICKY.com.ar

Sopladores y Bombas de Vacío para prestaciones de máxima eficiencia

Desde 1965 somos en Argentina la Empresa Líder en la fabricación de Sopladores y Bombas de Vacío tipo Roots libres de aceite, para aire y gases en general. Nuestros equipos, reconocidos por su robustez y confiabilidad, están presentes en las más importantes y exigentes instalaciones tanto en nuestro país como en el exterior. La línea **RA** de este catálogo comprende equipos que operan con presiones relativas de hasta **1 bar** y vacío relativo de **0,5 bar**. Disponemos de la línea de Vacío Medio **RVM** con valores hasta menos **0,9 bar** relativos. Completan la línea nuestros boosters para alto vacío.

Los equipos Repicky son utilizados en:

- Transporte neumático por presión o vacío.
- Aireación de efluentes líquidos industriales y cloacales.
- Agitación neumática.
- Secado por vacío.
- Camiones succionadores y desobstructores.
- Como sobrealimentadores en presión y vacío.
- En envasadoras, metalizadoras por vacío o alto vacío.

Somos Proveedores de:

Industrias Alimenticias, Químicas, Textiles, Curtiembres, Metalúrgicas, Petroquímicas, Cementeras, Farmacéuticas, Gráficas, Constructoras, Pesqueras, Piscicultura, Industria del Vidrio y Minas, entre otras.



Uso en transporte neumático
por presión positiva



Uso en aireación de efluentes líquidos
con difusores a membrana

Nuestros ingenieros están capacitados para orientarlo en la selección del equipo más eficiente para su proceso, ya sea actual o futuro, permitiendo optimizar su inversión en cada etapa. Como concepto integral brindamos servicios de puesta en marcha y mantenimiento acorde con las necesidades de nuestros clientes.



REPICKY

Gral. Smith 76 - (B1883FKB) Bernal Oeste - Bs. As. - Argentina
E-mail: info@repicky.com.ar - Web: www.repicky.com.ar
Tel/Fax: (54 11) 5354-5100 / 4259-2636



Seguinos en



Repicky se reserva el derecho de modificar parcial o totalmente la información contenida en este catálogo. Sugerimos solicitar medidas actualizadas al hacer su pedido.

ANEXO 6: Cálculos complementario

a.1. Tratamiento secundario (biológico)

a.1.1. Cálculo del Reactor Aeróbico

Esta etapa permite degradar el contenido de materia orgánica en condiciones aeróbicas por medio de la actividad de las bacterias heterótrofas. También ocurre la nitrificación u oxidación del nitrógeno amoniacal a nitratos por medio de la actividad de las bacterias autótrofas.

Para el cálculo del proceso de degradación de materia orgánica se considera la DBO última, para esto se considera que: $DBO_{\text{última}} = 1,6 * DBO_5$ ((Metcalf & Eddy, 2003).

Para el cálculo del reactor se consideró los datos de la Tabla 1. Los parámetros característicos de las bacterias heterótrofas se tomaron del manual ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento (ENOHSA), 1993), los parámetros de las bacterias autótrofas del modelo ASM2d (Henze et al., 2006).

Tabla 1: Parámetros considerados en el diseño del reactor aeróbico.

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
X_{SST}	3200	g SS/ m ³	Concentración de sólidos suspendidos totales en el reactor aeróbico
θ_c	12	d	Edad del fango, que se retira de la línea de recirculación
X_{SST}	9	Kg SST/m ³	Concentración de sólidos suspendidos totales del fango recirculado
$F=SSV/SST$	0,70	Valor asumido	
X_{SSV}	2240	g SSV/ m ³	Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el reactor aeróbico
$S_{a \text{ ent}}$	875	g DQO/ m ³	Concentración de DBO última o de 20 días de entrada. Este valor se obtuvo multiplicando la DBO_5 de entrada por 1,6, para obtener el valor de la DBO última.
Q_{C20}	14,4	m ³ /d	Caudal de ingreso a la planta de tratamiento
Y_H	0.6	g DQO biomasa producida/g DQO removida	Rendimiento del crecimiento heterótrofo
$\mu_H (20^\circ C)$	6	d ⁻¹	Velocidad específica de crecimiento de bacterias heterótrofas
K_{S_H}	20	g DQO/ m ³	Constante de semisaturación de Monod

$b_h (20^\circ\text{C})$	0,04	d^{-1}	Velocidad de lisis celular
$\eta_H(T)$	1,072		Coeficiente de actividad temperatura Vant Hoff-Arrhenius de las bacterias heterótrofas
f_{DH}	0,1		fracción de la materia celular heterótrofa que tras su muerte queda como residuo orgánico no biodegradable
Y_{AUT}	0,24	g DQO biomasa producida/g N	Rendimiento del crecimiento autótrofo
$\mu_{aut} (20^\circ\text{C})$	0,75	d^{-1}	Velocidad específica de crecimiento de bacterias autótrofas
K_{NH_4}	1	g N/ m ³	Constante de semisaturación de Monod autótrofa
$b_{AUT} (20^\circ\text{C})$	0,08	d^{-1}	Velocidad de lisis celular autótrofa.
$\eta_{AUT}(T)$	1.111		Coeficiente de actividad temperatura Vant Hoff-Arrhenius de las bacterias autótrofas
f_{DAUT}	0.1		fracción de la materia celular autótrofa que tras su muerte queda como residuo orgánico no biodegradable

Los parámetros de velocidad de crecimiento y lisis celular de las bacterias heterótrofas y autótrofas son influenciados por la temperatura. Su efecto se puede expresar por una ecuación variante de la de Vant Hoff-Arrhenius de la forma:

$$K_T = K_{20} n^{T-20} \quad \text{Ec. 1}$$

K_T y K_{20} es el valor del parámetro a la temperatura de T y 20°C, respectivamente, T es temperatura en °C, y n es un coeficiente que depende del proceso. Este efecto es particularmente importante dado que se traduce en una disminución de la velocidad de los procesos al disminuir la temperatura. Además del efecto de la temperatura en la velocidad de crecimiento se considera la concentración de oxígeno disuelto en el reactor biológico, el cual se propone de 2 g O/m³, valor típico en el reactor aeróbico. El cálculo se llevó a cabo para las dos temperaturas medias: 4,3 °C (media de los seis meses más fríos del año) y 12,5 °C (media de los seis meses más calurosos del año). La temperatura considerada es la media del mes más calurosos del año que dio el mayor volumen de reactor, dado que con esta temperatura se da una mayor producción de fangos. Por esta razón se exponen los resultados para la temperatura 12,5°C.

El procedimiento de cálculo sigue el lineamiento de la norma ENOHSA, del libro (Metcalf & Eddy, 2003) y del libro de Seco y Ferrer (2007). El esquema diseñado se muestra en la Figura 1. Primero se diseña el reactor aeróbico y luego el anóxico. El procedimiento se inicia con el cálculo del reactor aeróbico, y una vez que se diseña este, se continúa con el reactor anóxico.

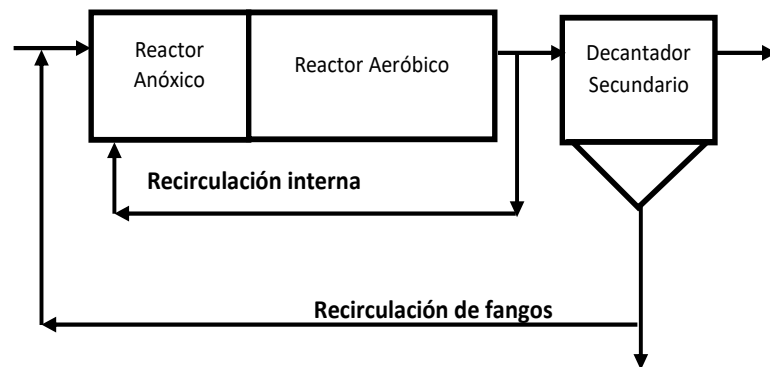


Figura 1: Esquema proceso Ludzack-Ettinger modificado.

Se obtuvieron las expresiones para el cálculo del volumen del reactor aerobio utilizando balances de sustrato y de microorganismos tanto para bacterias heterótrofas como para bacterias autótrofas. A continuación, se muestran las ecuaciones y como se trabajaron para obtener las expresiones.

a.1.1.1. Balance de sustrato:

Bacterias heterótrofas:

Ec. 2

$$(Q_{C20}) \cdot (S_{a\ ent} - S_{sef}) = \frac{\mu_H \cdot S_{sef} \cdot V_{AER} \cdot X_H}{Y_H \cdot (K_{S\ H} + S_{sef})}$$

S_{sef} : DBO última soluble del efluente del reactor aeróbico.

X_H : concentración de bacterias heterótrofas vivas en el tanque aeróbico.

μ_H : velocidad de crecimiento efectiva que depende de T y el oxígeno disuelto.

$$\mu_H = 6 \frac{1}{d} 1,072^{(12,5-20)} * \frac{2 \frac{g}{m^3} \frac{O}{m^3}}{2 \frac{g}{m^3} \frac{O}{m^3} + 0,2 \frac{g}{m^3} \frac{O}{m^3}} = 3,24 \text{ 1/d}$$

En esta última ecuación $0,2 \frac{g}{m^3}$ es la constante de afinidad por el oxígeno.

Bacterias autótrofas:

$$(Q_{C20}) \cdot (N_T - S_{NH4}) - 0,087 \cdot Q \Delta X = \frac{\mu_{AUT} \cdot S_{NH4} \cdot V_{AER} \cdot X_{AUT}}{Y_A \cdot (K_{NH4} + S_{NH4})} \quad Ec. 3$$

X_{AUT} : concentración de bacterias autótrofas vivas en el tanque aeróbico. La velocidad de crecimiento específica de las bacterias autótrofas fue afectada por la temperatura más baja, aplicando la Ley de Arrhenius (Ec. 1).

S_{NH4} : es la concentración de amonio en el efluente del reactor aeróbico.

μ_{HAUT} : velocidad de crecimiento efectiva que depende de T y el oxígeno disuelto.

$$\mu_{AUT} = 1 \frac{1}{d} 1,111^{(12,5-20)} * \frac{2 \frac{g}{m^3}}{2 \frac{g}{m^3} + 0,5 \frac{g}{m^3}} = 0,27 \text{ 1/d}$$

En esta última ecuación $0,5 \frac{g}{m^3}$ es la constante de afinidad por el oxígeno.

Las velocidades de lisis celular también deben afectarse por la temperatura. En la condición de temperatura media más baja (6°C) se tiene:

$$b_{AUT} = 0,08 \frac{1}{d} 1,111^{(12,5-20)} = 0,04 \frac{1}{d}$$

$$b_H = 0,04 \frac{1}{d} 1,072^{(12,5-20)} = 0,02 \text{ 1/d}$$

Una expresión importante para el cálculo del reactor tanto aeróbico como anóxico es la edad de fango:

$$\theta_c = \frac{V_{AER} X_{SST AER}}{Q \Delta X_{SST AER}} = \frac{V_{AER} X_{SSV AER}}{Q \Delta X_{SSV AER}} = \frac{V_{AER} X_H}{Q \Delta X_H} = \frac{V_{AER} X_{HI}}{Q \Delta X_{HI}}$$

En el procedimiento de cálculo, se realizan dos consideraciones iniciales, se elige una edad de fango y la concentración de sólidos suspendidos totales en el reactor aeróbico. Para este caso se consideró una edad de fango de 8 días, dado que con esta se da un tiempo prudencial para el crecimiento de las bacterias autótrofas que son las que presentan menor velocidad de crecimiento. Y la otra consideración es la concentración de los sólidos, en este caso se consideró $X_{SST AER} = 3200 \text{ gr SS/m}^3$.

a.1.1.2. Balance en microorganismos:

Para bacterias heterótrofas:

La producción de biomasa heterótrofa activa, (g DQO/d) viene dada por:

$$Q \Delta X_H = Y_H \cdot (Q_{C20}) \cdot (S_{a\ ent} - S_{sef}) - b_H \cdot V_{AER} \cdot X_H$$

La producción de biomasa heterótrofa inerte (*debris*) viene dada por:

Ec. 4

$$Q \Delta X_{HI} = \frac{V_{AER} X_{HI}}{\theta_c} = f_{DH} b_H V_{AER} X_H$$

En régimen estacionario puede considerarse que la fracción de la materia celular que tras su muerte queda como residuo orgánico no biodegradable es $f_{DH} = 0.1$.

Para bacterias autótrofas:

La producción de biomasa autótrofa activa, (g DQO/d) viene dada por:

$$Q \Delta X_A = Y_A \cdot [(Q_{C20}) \cdot (N_T - S_{NH4\ ef}) - 0,087 \cdot Q \Delta X] - b_{AUT} \cdot V_{AER} \cdot X_{AUT}$$

Ec. 5

A partir de las ecuaciones anteriores se obtuvo la concentración de DBO soluble del efluente del reactor aeróbico y la concentración de nitrógeno amoniacal:

$$S_{sef} \left(\frac{gr}{m^3} \right) = \frac{K_{SH} \cdot \left[\frac{1}{\theta_c} + b_H \right]}{\mu_H - \left[\frac{1}{\theta_c} + b_H \right]}$$

Ec. 6

Reemplazando los valores de los parámetros en la ecuación 6 se obtiene:

$$S_{sef} \left(\frac{gr}{m^3} \right) = \frac{20 \text{ g O/m}^3 \cdot \left[\frac{1}{12 \text{ d}} + 0,02 \text{ 1/d} \right]}{3,24 \text{ 1/d} - \left[\frac{1}{12 \text{ d}} + 0,02 \text{ 1/d} \right]} = 0,68 \text{ gr O/m}^3$$

Se igualó la Ec. 3 y Ec. 5; luego se trabajaron para obtener la Ec-7.

$$S_{NH4\ ef} \left(\frac{gr}{m^3} \right) = \frac{K_{NH4} \cdot \left[\frac{1}{\theta_c} + b_{AUT} \right]}{\mu_A - \left[\frac{1}{\theta_c} + b_{AUT} \right]}$$

Ec-7

$$S_{NH4\ ef} \left(\frac{gr}{m^3} \right) = \frac{1 \text{ gr N/m}^3 \cdot \left[\frac{1}{12 \text{ d}} + 0,04 \text{ 1/d} \right]}{0,27 \text{ 1/d} - \left[\frac{1}{12 \text{ d}} + 0,04 \text{ 1/d} \right]} = 0,78 \text{ gr N/m}^3$$

Para bajar aún más la concentración de materia orgánica y amonio en el efluente se puede aumentar el θ_C , pero valores más elevados que 12 d no generan una disminución significativa, por lo cual se optó por el valor de 12 d. La Ec-8 muestra la fórmula del tiempo de retención celular o edad del fango, el cual representa el tiempo medio de permanencia de los microorganismos en el reactor.

$$\theta_C = \frac{V_{AER} \cdot X_i}{Q \Delta X_i} \quad Ec-8$$

i representa el componente sólido considerado, puede ser X_H , X_A , X_{HI} , X_{AI} , X_{SS} , X_{SSV} . Se reemplazó la Ec-8 en la Ec. 4 y al trabajarlas se obtuvo la Ec-9.

$$V_{AER} \cdot X_H = \frac{Y_H \cdot (Q_{C20}) (S_{a\ ent} - S_{sef}) \cdot \theta_C}{1 + b_H \cdot \theta_C} \quad Ec-9$$

$$V_{AER} \cdot X_H = \frac{0.6 \frac{g}{g} \frac{O}{O} \cdot \left(14,4 \frac{m^3}{d}\right) \left(875 \frac{g}{m^3} - 0,68 \frac{g}{m^3}\right) \cdot 12d}{1 + 0,02 \frac{1}{d} \cdot 12 d} = 103794 \text{ gr } O$$

La Ec-10 muestra la producción de biomasa total: viva e inerte:

$$Q \Delta X = \frac{(1 + f_{DH} \cdot b_H \cdot \theta_C) \cdot V_{AER} \cdot X_H + (1 + f_{DA} \cdot b_A \cdot \theta_C) \cdot V_{AER} \cdot X_A}{\theta_C} \quad Ec-10$$

Se reemplazó la Ec-8 y la Ec-10 en la Ec. 5, y al trabajarlas se obtuvo la Ec-11.

$$V_{AER} \cdot X_A = \frac{Y_A \cdot [(Q_{C20}) \cdot (N_T - S_{NH4\ ef}) - 0,087 \cdot \theta_C^{-1} (1 + f_{DH} \cdot b_H \cdot \theta_C) V_{AER} \cdot X_H]}{\theta_C^{-1} + b_A + 0,087 \cdot Y_A \cdot \theta_C^{-1} (1 + f_{DA} \cdot b_A \cdot \theta_C)} \quad Ec-11$$

$$= \frac{Y_A \cdot [(Q_{C20}) \cdot \theta_C (N_T - S_{NH4\ ef}) - 0,087 \cdot (1 + f_{DH} \cdot b_H \cdot \theta_C) V_{AER} \cdot X_H]}{1 + \theta_C b_A + 0,087 \cdot Y_A (1 + f_{DA} \cdot b_A \cdot \theta_C)}$$

Si se reemplazan los valores en esta ecuación se obtiene:

$$V_{AER} \cdot X_A = 1358 \text{ g } O$$

a.1.1.3. Producción de biomasa inerte:

La producción de biomasa inerte se obtiene de la siguiente forma:

$$Q \Delta X_{HI} = f_{DH} \cdot b_H \cdot V_{AER} \cdot X_H \quad Ec-12$$

$$Q\Delta X_{AI} = f_{DA} \cdot b_A \cdot V_{AER} \cdot X_A$$

Ec-13

Estos valores dan:

$$Q\Delta X_{HI} = 246 \text{ gr O}$$

$$Q\Delta X_{AI} = 4,9 \text{ gr O}$$

a.1.1.4. Producción de biomasa viva:

La producción de biomasa activa se obtiene a partir de la ecuación de la edad de fango:

$$\theta_c = \frac{V_{AER} \cdot X_H}{Q\Delta X_H} = \frac{V_{AER} \cdot X_A}{Q\Delta X_A}$$

De esta expresión se obtiene:

$$Q\Delta X_H = \frac{V_{AER} \cdot X_H}{\theta_c} = \frac{103794}{12} \frac{\text{g O}}{\text{d}} = 8649 \text{ gr O/d}$$

$$Q\Delta X_A = \frac{V_{AER} \cdot X_A}{\theta_c} = \frac{1358}{12} \frac{\text{g O}}{\text{d}} = 113 \text{ g O/d}$$

a.1.1.5. Producción de fangos totales:

La producción de fangos totales en unidades de sólidos suspendidos:

$$Q\Delta X_{SST} = (Q_{C20}) \cdot (X_{SSNV,0} + X_{SSVNB,0})$$

Ec-14

$$+ i_{TSSXI} \cdot (Q\Delta X_{HI} + Q\Delta X_{AI}) + i_{TSSBM} \cdot (Q\Delta X_H + Q\Delta X_A)$$

$$Q\Delta X_{SSV} = i_{TSSXI} \cdot (Q\Delta X_{HI} + Q\Delta X_{AI}) + i_{TSSBM} \cdot (Q\Delta X_H + Q\Delta X_A)$$

Ec-15

Los valores de producción de biomasa para las bacterias heterótrofas y autótrofas se calcularon a partir de la implementación de la Ec-8.

En la

Tabla 2 se definen los valores de los factores de conversión para convertir las unidades de los componentes, la materia orgánica soluble biodegradable a la salida del decantador secundario ($X_{S\ X_{SST}}$) y el factor de cálculo de la carga másica.

Tabla 2: Factores de conversión

Parámetro	Valor	Unidad
i_{TSSXI}	0,75	$gr\ SST / gr\ O$
i_{TSSXS}	0,75	$gr\ SST / gr\ O$
i_{TSSBM}	0,9	$gr\ SST / gr\ O$
i_{NBM}	0,087	$gr\ N / gr\ O$

Con estos valores, la producción de sólidos suspendidos es:

$$Q\Delta X_{SST} = 8622\text{ g SST/d}$$

$$Q\Delta X_{SSV} = 8075\text{ g SST/d}$$

El cálculo del volumen del reactor aerobio se realizó al reemplazar en la Ec-16, el valor del tiempo de retención celular y el valor de la producción de biomasa de la Ec-14.

$$V_{AER} = \frac{Q\Delta X_{SST} \cdot \theta_c}{X_{SST}} \quad Ec-16$$

Donde $X_{SST}=3200\text{ mg SS/L}$, valor considerado.

$$V_{AER} = 32\text{ m}^3$$

La carga másica C_m ($Kg\ DBO_5/d\ Kg\ SSV\ reactor$) es el parámetro que trata de representar la relación existente entre la carga orgánica alimentada al reactor y los microorganismos presentes en él. Se calculó utilizando la Ec-17.

$$C_m = \frac{(Q_{C20}) \cdot (DBO_{5\ ent})}{Q\Delta X_{SSV} \cdot \theta_c} = \frac{14,4 \frac{m^3}{d} * 547\text{ g O/m}^3}{8075\text{ g } \frac{SSV}{d} 12\text{ d}} \quad Ec-17$$

El valor obtenido es: $0,08\text{ g O/g SS d}$.

La carga volumétrica C_{vol} ($Kg\ DBO_5/d\ m^3$), obtenida fue:

$$C_{vol} = \frac{(Q_{C20}) \cdot (DBO_{5\ ent})}{V_{AER} \cdot 1000} = \frac{14,4 \frac{m^3}{d} * 547\text{ g O/m}^3}{32\text{ m}^3 1000} = 0,24\text{ Kg } \frac{o}{d} m^3$$

La producción de nitratos por día se calculó con la Ec-18:

$$S_{NO3\ ef} = S_{NO3,0} + \frac{\mu_A \cdot S_{NH4ef} \cdot X_A \cdot V_{AER}}{Y_A \cdot (K_{NH4} + S_{NH4ef}) \cdot (Q_{C20})} \quad Ec-18$$

Con $S_{NO3,0}=0$ mg N/L. Este valor da: 47,0 g N-NO₃/m³. Este valor multiplicado por el caudal Q_{C20} , da la producción de nitratos por día, cantidad que se utiliza para el cálculo del reactor anóxico.

En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos.

Tabla 3: Valores obtenidos del diseño del reactor de fangos aeróbico a $T=6^\circ C$.

Parámetro/Valor	Valor	Observación
$S_{Sef} \left(\frac{gr\ O}{m^3} \right)$	0,68	DBO ₂₀ efluente
$S_{NH4ef} \left(\frac{gr\ N}{m^3} \right)$	0,78	Nitrógeno amoniacal efluente
$X_H \left(\frac{gr\ O}{m^3} \right)$	3210	Biomasa heterótrofa viva
$X_A \left(\frac{gr\ O}{m^3} \right)$	42	Biomasa autótrofa viva
$Q\Delta X_H \left(\frac{gr\ O}{d} \right)$	8650	Fango heterótrofo purgado
$Q\Delta X_A \left(\frac{gr\ O}{d} \right)$	113	Fango autótrofo purgado
$Q\Delta X_{HI} \left(\frac{gr\ O}{d} \right)$	246	Fango heterótrofo inerte purgado
$Q\Delta X_{AI} \left(\frac{gr\ O}{d} \right)$	4,9	Fango autótrofo inerte purgado
$Q\Delta X_{SST} \left(\frac{gr\ SST}{d} \right)$	8622	Fango purgado total como SST
$Q\Delta X_{SSV} \left(\frac{gr\ SST}{d} \right)$	8075	Fango purgado total como SSV
Cm (Kg DBO ₅ /d Kg SSV reactor)	0,08	Carga másica
Cvol (Kg DBO ₅ /d m ³)	0,24	Carga volumétrica
$V_{AER} (m^3)$	32	Volumen reactor aeróbico
$\theta_{HID} (d)$	2,24	Tiempo de retención hidráulico

Para el tiempo de retención celular elegido de $\theta_c = 12$ d, es un proceso de media carga. Para este caso, la carga másica debe estar entre $0.2 < Cm < 0.6$ (Kg DBO₅/d Kg SSV reactor) y la carga volumétrica entre $0.48 < Cv < 0.96$ (Kg DBO₅/d m³). En ambos casos da más bajo, generando un proceso menos forzado.

El volumen del reactor aeróbico se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Volumen del reactor.

Parámetro	Valor	Observación
$V_{AEROBIO} (m^3)$	32	Volumen del reactor aerobio

a.1.1.6. Relación de recirculación de fangos

$$r = Q_r / Q_e = Q_r / (Q_{c20} + Q_{sob})$$

Mediante la siguiente ecuación se obtuvo la relación r:

$$r = \left(1 - \frac{\theta}{\theta_c}\right) \frac{X_{SST}}{X_{Tr} - X_{SST}}$$

El valor obtenido fue de $r = 0,5$.

a.1.2. Cálculo del reactor anóxico

La inclusión de la predesnitrificación permite eliminar nitrógeno. Este esquema se conoce como proceso Ludzack-Ettinger modificado. En la etapa anóxica se degrada la materia orgánica por acción de las bacterias heterótrofas y se reduce el nitrato a nitrógeno gaseoso. Incorporar una etapa anóxica tiene la ventaja de degradar parte de la materia orgánica empleando como aceptor de electrones el nitrato y se recupera alcalinidad consumida en la nitrificación. A continuación, se muestra el procedimiento de cálculo.

Para el cálculo del volumen del reactor anóxico, se realizaron balances de sustrato, nitrato y de microorganismos. Se consideró la carga de materia orgánica que ingresa al sistema.

El cálculo del reactor anóxico se realizó siguiendo el procedimiento de cálculo del Libro TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES, Autores Aurora Seco Torrecillas, J. Ferrer Polo, Ángel Robles Martínez. Editorial Universitat Politècnica De València, Año 2018. Idioma Español. N° páginas 180. Encuadernación Tapa Blanda ISBN13 9788490486405 Universitat de València.

a.1.2.1. Balance de sustrato:

De igual manera que en el reactor aeróbico se aplica un balance para un reactor tanque agitado continuo. El caudal de recirculación interna (del aerobio al anóxico) que provee de

nitratos a este último, se consideró un caudal de $2Q_{C20}$. Y el caudal de recirculación de fangos desde el fondo del decantador secundario se consideró $0,5Q_{C20}$ (ya calculado).

$$\frac{[(Q_{C20}S_{a\ ent} + Q_{sob}S_{sob} + 2Q_{C20}S_{Se\ f} + 0.5Q_{C20}S_{Se\ f}) - ((Q_{C20}3.5 + Q_{sob}) S_{Sanox})]}{V_{ANOX} \cdot X_H} - \frac{\mu_H \cdot \eta_{no3} \cdot S_{Sanox}}{Y_H \cdot (K_S + S_{anox})} = 0 \quad Ec. 19$$

S_{sob} es la concentración de la corriente que se recircula del sobrenadante del espesador. Esta concentración se estimó una vez calculado el espesador. El valor obtenido fue de: 108 g O/m³. S_{sanox} es la concentración de materia orgánica biodegradable que sale del anóxico, es la concentración dentro del reactor. η_{no3} es el factor de eficacia de la desnitrificación, la cual se supuso igual a 0,4. V_{ANOX} es el volumen del reactor anóxico.

La expresión:

$$[(Q_{C20}S_{a\ ent} + Q_{sob}S_{sob} + 2Q_{C20}S_{Se\ f} + 0.5Q_{C20}S_{Se\ f}) - ((Q_{C20}3.5 + Q_{sob}) S_{Sanox})]$$

Se reemplazó por:

$$[K^1 - (K^2 S_{Sanox})]$$

por simplicidad. Estas constantes se pueden calcular con los datos que se cuentan:

a.1.2.2. Balance de nitrato:

$$\begin{aligned} 2,86 \cdot [& ((Q_{C20}S_{NO3\ ent} + Q_{sob}S_{NO3\ sob} + 2Q_{C20}S_{NO3\ aer} + 0.5Q_{C20}S_{NO3\ aer}) \\ & - ((Q_{C20}3.5 + Q_{sob}) S_{NO3\ anox}))] \quad Ec. 20 \\ = & [(Q_{C20}S_{a\ ent} + Q_{sob}S_{sob} + 2Q_{C20}S_{Saer} + 0.5Q_{C20}S_{Saer}) \\ & - ((Q_{C20}3.5 + Q_{sob}) S_{Sanox})] - (Q \cdot \Delta X_H + Q \cdot \Delta X_{HI}) \end{aligned}$$

De estas expresiones no se conoce S_{Sanox} , V_{ANOX} , y $S_{NO3anox}$. Este último valor se asume igual a 1 g N/m³, es decir con el reactor anóxico se espera que la concentración en este reactor sea 1 g N/m³.

a.1.2.3. Balance de microorganismos:

$$Q \cdot \Delta X_H = Y_H \cdot (Q_{C20} S_{a\ ent} + Q_{sob} S_{sob} + 2Q_{C20} S_{Sef} + 0.5Q_{C20} S_{Sef}) - ((Q_{C20} 3.5 + Q_{sob}) S_{Sanox}) - b_H \cdot V_{ANOX} \cdot X_H \quad Ec. 21$$

$$Q \cdot \Delta X_{HI} = f_{DH} \cdot b_H \cdot V_{ANOX} \cdot X_H \quad Ec. 22$$

Las ecuaciones 21 y 22 se reemplazaron en 19 quedando la siguiente expresión:

$$2,86 \cdot [\Delta N] = [K^1 - (K^2 S_{Sanox})] - (Y_H \cdot [K^1 - (K^2 S_{Sanox})] - b_H \cdot V_{ANOX} \cdot X_H + f_{DH} \cdot b_H \cdot V_{ANOX} \cdot X_H) \quad Ec. 23$$

Con:

$$\Delta N = ((Q_{C20} S_{NO3\ ent} + Q_{sob} S_{NO3\ sob} + 2Q_{C20} S_{NO3\ aer} + 0.5Q_{C20} S_{NO3\ aer}) - ((Q_{C20} 3.5 + Q_{sob}) S_{NO3\ anox}))$$

El valor de ΔN se puede calcular con los valores que se tienen hasta el momento:

De la ecuación 23 se puede despejar $V_{ANOX} \cdot X_H$ lo cual da:

$$V_{ANOX} \cdot X_H = \frac{2,86 \cdot [\Delta N] - (1 - Y_H)[K^1 - (K^2 S_{Sanox})]}{(1 - f_{DH})b_H} \quad Ec. 24$$

Si la ecuación 24 se reemplaza en la 19, se llega a:

$$\frac{[K^1 - (K^2 S_{Sanox})](1 - f_{DH})b_H}{2,86 \cdot [\Delta N] - (1 - Y_H)[K^1 - (K^2 S_{Sanox})]} = \frac{\mu_H \cdot \eta_{no3} \cdot S_{Sanox}}{Y_H \cdot (K_S + S_{Sanox})} \quad Ec. 25$$

La expresión 25 se puede trabajar hasta llegar a una expresión cuadrática de S_{Sanox} :

$$K^1 K_S + S_{Sanox} (K^1 - K^2 K_S - \alpha 2,86 \cdot \Delta N + \alpha (1 - Y_H) K^1) + S_{Sanox}^2 (-K^2 - \alpha (1 - Y_H) K^2) = 0 \quad Ec. 26$$

$$con \alpha = \frac{\mu_H \cdot \eta_{no3}}{Y_H \cdot (1 - f_{DH})b_H}$$

La velocidad de crecimiento en esta etapa se calculó como:

$$\mu_H = 6 \frac{1}{d} 1,072^{(12,5-20)} * \frac{1 \text{ g N/m}^3}{1 \text{ g } \frac{\text{N}}{\text{m}^3} + 0,22 \text{ g } \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} = 2,65 \text{ 1/d}$$

Dado que se tiene en cuenta la concentración de nitratos en el reactor (1 g N/m^3) y la constante de afinidad por el nitrato ($0,22 \text{ g } \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$).

Los valores de las constantes son:

$$K^1 = (Q_{C20} S_{a \text{ ent}} + Q_{sob} S_{sob} + 2Q_{C20} S_{sef} + 0.5Q_{C20} S_{sef}) = 14,4 \text{ m}^3/\text{d} * 875 \text{ gr O/m}^3 + 1,04 \text{ m}^3/\text{d} * 107,5 \text{ gr O/d} + 2 * 14,4 \text{ m}^3/\text{d} * 0,68 \text{ gr O/m}^3 + 0.5 * 14,4 \text{ m}^3/\text{d} * 0,68 \text{ gr O/m}^3 = 12739 \text{ gr O/d}$$

$$K_S = 20 \text{ gr O/m}^3$$

$$K^2 = (Q_{C20} 2.5 + Q_{sob}) = 14,4 \text{ m}^3/\text{d} * 3.5 + 1,04 \text{ m}^3/\text{d} = 51,4 \text{ m}^3/\text{d}$$

Para calcular ΔN se necesita conocer $S_{NO3 \text{ aer}}$ que es la concentración de nitrato a la salida del reactor aeróbico, para esto se emplea la ecuación siguiente (Metcalf & Eddy):

$$\begin{aligned} S_{NO3 \text{ aer}} &= \frac{\mu_A \cdot S_{NH4ef} \cdot X_A \cdot V_{AER}}{Y_A \cdot (K_{NH4} + S_{NH4ef}) \cdot (Q_{C20})} \cdot \frac{1}{(1 + 2Q_{C20} + 0,5Q_{C20} + Q_{sob})} \\ &= 10,5 \text{ g N/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta N = & ((Q_{C20} S_{NO3 \text{ ent}} + Q_{sob} S_{NO3 \text{ sob}} + 2Q_{C20} S_{NO3 \text{ aer}} + 0.5Q_{C20} S_{NO3 \text{ aer}}) - ((Q_{C20} 3.5 + \\ & Q_{sob}) S_{NO3 \text{ anox}})) = 14,4 \text{ m}^3/\text{d} * 0 \text{ gr N/m}^3 + 1,04 \text{ m}^3/\text{d} * 0 \text{ gr N/d} + 2 * 14,4 \text{ m}^3/\text{d} * 10,5 \\ & \text{gr N/m}^3 + 0.5 * 14,4 \text{ m}^3/\text{d} * 10,5 \text{ gr O/m}^3 - (14,4 \text{ m}^3/\text{d} * 3.5 + 1,04 \text{ m}^3/\text{d}) * 1 \text{ gr N/m}^3 = 326 \text{ gr N/d} \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{\mu_H \cdot \eta_{no3}}{Y_H \cdot (1 - f_{DH}) b_H} = 2,65 \text{ 1/d} * 0,4 / (0,6 \text{ gr O/gr O} * (1 - 0,1) * 0,02 \text{ 1/d}) = 82,8$$

En este cálculo b_H se afectó por la temperatura; $b_H = 0,04 * 1.072^{(12,5-20)} = 0,02 \text{ 1/d}$.

Aplicando resolución de la ecuación de segundo orden por Bhaskara (Ec. 25), se obtuvo:

$$(S_{Sanox \ 1}) = -0,63 \text{ g N/m}^3$$

$$(S_{Sanox \ 2}) = 230,9 \text{ g N/m}^3$$

Se considera el valor positivo: $S_{Sanox} = 230,9 \text{ g N/m}^3$

Con este valor se calcula el producto $V_{ANOX} \cdot X_H$ mediante la ecuación 24.

reactor anóxico (V_{ANOX}) y la concentración de sustrato a la salida del mismo (S_{Sanox}).

$$V_{ANOX} \cdot X_H = 27436 \text{ gr O.}$$

El valor de X_H se consideró el mismo de las bacterias heterótrofas del reactor aerobio.

Con este valor se obtuvo:

$$V_{ANOX} = 9 \text{ m}^3$$

En la Tabla 5 se muestran los datos obtenidos del reactor anóxico y en la Tabla 6 se dan los valores de los tamaños de los reactores, requeridos y lo instalado o a instalar.

Tabla 5: Datos obtenidos del Reactor anóxico.

Parámetro	Valor	Observación
$S_{Sanox} \left(\frac{\text{gr O}}{\text{m}^3} \right)$	230,9	DBO _u soluble efluente del reactor anóxico
$V_{ANOX} (\text{m}^3)$	9	Volumen del anóxico

De las instalaciones existentes se dispone para uso como reactor anóxico de dos tanques que en total suman 23,452 m³, de 2,6 m de ancho, 4,1 m de largo y 2,2 metros de altura útil del líquido.

Tabla 6: Volúmenes de reactores.

Parámetro	Valor requerido	Valor instalado o a instalar	Observación
$V_{AEROBIO} (\text{m}^3)$	32	51,50	Volumen del reactor aerobio
$V_{ANOX} (\text{m}^3)$	9	23,40	Volumen del reactor anóxico

El caudal de recirculación interna se recomienda en el intervalo: 2-4Q_{C20}. Valores mayores de recirculación producen un mezclado significativo de ambos reactores, anóxico y aerobio, generando un sistema con condiciones muy parecidas. Para el cálculo del anóxico se aplicó una recirculación de 2, pudiendo aumentarse a 4 veces el Q_{C20}.

a.1.2.4. Aporte de Alcalinidad

Para lograr la nitrificación del nitrógeno orgánico y el amonio será necesario controlar y aportar alcalinidad suficiente. Se recomienda mantener un pH de 7.2 ó superior. Cada g/m^3 de N-NH_4^+ oxidado provoca una disminución de 7.14 g/m^3 de alcalinidad expresada como CaCO_3 , y la desnitrificación permite recuperar alcalinidad. Del libro Metcalf y Eddy, 1995, Tabla 3.16, se consideró la alcalinidad presente en un agua residual de calidad fuerte de un valor de $200 \text{ gr CaCO}_3 / \text{m}^3$.

Entonces, la alcalinidad consumida puede estimarse como:

- $\text{Alk ingresa} = 200 \text{ gr CaCO}_3 / \text{m}^3 * 14,4 \text{ m}^3 / \text{d} = 2880 \text{ gr CaCO}_3 / \text{d}$
- $\text{Alk nitrificación} = 0,99 \times \text{ANIT} \times 7,14 = 0,99 \times 1378 \times 7,14 \text{ gr CaCO}_3 / \text{d} = 9741 \text{ gr CaCO}_3 / \text{d}$
- $\text{Alk desnitrificación} = 0,80 \times \text{ANIT} * 3,57 \text{ gr CaCO}_3 / \text{d} = 3936 \text{ gr CaCO}_3 / \text{d}$

Para garantizar un funcionamiento adecuado del proceso, es necesaria una alcalinidad remanente de $50 \text{ gr CaCO}_3 / \text{m}^3$ (del libro Tratamiento biológico del agua residual de José Ferrer Polo y Aurora Seco, UPV).

- $\text{Alk remanente} = 50 \text{ gr CaCO}_3 / \text{m}^3 * 14,4 \text{ m}^3 / \text{d} = 720 \text{ gr CaCO}_3 / \text{d}$

Para calcular la alcalinidad a agregar se consideró la siguiente ecuación:

$$\text{Alk remanente} = \text{Alk ingresa} - \text{Alk nitrificación} + \text{Alk desnitrificación} + \text{Alk adicionar}$$

Entonces:

$$\text{Alk adicionar} = \text{Alk remanente} - \text{Alk ingresa} + \text{Alk nitrificación} - \text{Alk desnitrificación}$$

$$\text{Alk adicionar} = 720 - 2880 + 9741 - 3936 = 3645 \text{ gr CaCO}_3 / \text{d} = 3,654 \text{ Kgr CaCO}_3 / \text{d}$$

En la Tabla 7 se muestran los datos obtenidos del cálculo de la necesidad de CaCO_3 diario.

Tabla 7: Cálculo aporte de Alcalinidad para garantizar nitrificación.

Variable	Valor	Unidad
Alcalinidad entrada	200	Valor considerado ($\text{gr/m}^3 \text{ CaCO}_3$), obtenido del libro Ingeniería de Aguas Residuales, Metcalf y Eddy,
Alcalinidad adicionar	3,645	Kg CaCO_3 / d

a.1.2.5. Requisitos de nutrientes

Para el proceso biológico de degradación de residuos es necesaria la presencia de ciertos nutrientes (N, P, Ca, Mg, etc). La mayoría de los nutrientes son necesarios en cantidades traza y suelen estar presentes en las aguas residuales. Sin embargo, muchas aguas residuales industriales son deficitarias en N y P, siendo necesaria su adición. Una estimación de las cantidades necesarias de estos nutrientes se basa en que el fango activado (X) contiene aproximadamente un 1.7 % de su peso seco como P y un 8.7 % como N. Por otra parte, las concentraciones mínimas de N y P a mantener en el efluente se estiman normalmente como 1.0 y 0.5 mg/L respectivamente. Por lo tanto, las cantidades necesarias son:

$$\text{Nitrógeno: } 0.087Q\Delta X + Q_{c20} \text{ (g/d) Ec. 27}$$

$$\text{Fósforo: } 0.017Q\Delta X + Q_{c20} 0.5 \text{ (g/d) Ec. 28}$$

estando $Q\Delta X$ en g/d y Q en (m^3/d). La cantidad $Q\Delta X$ es la biomasa purgada del sistema y se obtiene en el procedimiento de cálculo del reactor aeróbico (Ec-10). El valor de $Q\Delta X$ es: $Q\Delta X = 9014 \text{ g O/d}$.

Las cantidades de N y P disponibles pueden calcularse directamente a partir de la concentración total de nitrógeno Kjeldahl y de fósforo presentes en el agua alimento. Para la adición de nutrientes suelen utilizarse urea, H_3PO_4 o $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$. En la Tabla 8 se muestran los requisitos de fósforo y nitrógeno y el disponible de cada uno. Se aprecia que el fósforo que se alimenta no es suficiente, por lo tanto, deberá adicionarse la diferencia.

Tabla 8: Cálculo de Nitrógeno y Fósforo necesario y disponible.

Variable	Valor	Unidad
Requisito de P	160,4	g P/d
Fósforo disponible	16,8	g P/d
Requisito de N	798,6	g N/d
Nitrógeno disponible	1378,1	g N/d
Fósforo a aportar	143,6	g P/d
H_3PO_4	97,994	g/mol g
P	30,994	g/mol g
H_3PO_4 a aportar	453,9	g $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{d}$
Dosificar	18,9	g $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{h}$

Dado que se necesitan 143,6 g P/d se puede compensar añadiendo al reactor anóxico 18,9 g H_3PO_4/h .

a.1.2.6. Calidad del efluente de salida de la planta

Se calculó la calidad del efluente al considerar las ecuaciones de balance. En la

Tabla 9 se muestra la calidad del efluente como resultado del proceso de la planta diseñada.

Las concentraciones de DBO, amonio y nitrato en el efluente del reactor aeróbico se obtuvieron en el procedimiento de cálculo de los reactores:

$$S_{Saer} = 0,68 \text{ g O/m}^3$$

$$S_{NH4} = 0,78 \text{ g N/m}^3$$

$$S_{NO3} = 10,5 \text{ g N/m}^3$$

$$N_{org} = S_{NH4} + SS_{ef} * (Q\Delta X_H + Q\Delta X_A) * 0,087 / Q\Delta X_{sst} =$$

$$= 0,78 + 30 \text{ gr SS/m}^3 * (8649 + 113) \text{ gr O/d} * 0,087 / 12282 \text{ g SS/d} = 3,4 \text{ g N/m}^3$$

$$DQO_{TOTAL} = S_{Saer} + S_I + SS_{ef} * (Q_{C20} * X_I + Q\Delta X_H + Q\Delta X_A + Q\Delta X_{HI} + Q\Delta X_{AI}) / Q\Delta X_{sst} =$$

S_I y X_I son las fracciones de materia orgánica inerte soluble y particulada, respectivamente, que ingresan al reactor biológico.

$S_I = 27 \text{ g O/m}^3$ y $X_I = 15 \text{ g O/m}^3$, estas fracciones se calculó a partir de los datos de la caracterización de entrada:

$$S_I = DQO_{SOL} - DBO_{SOL} = 182 - 155 = 27 \text{ g O/m}^3$$

$$DQO_{TOT_ef} = 0,68 \text{ g O/m}^3 + 27 \text{ g O/m}^3 + 30 \text{ gr SS/m}^3 * (50 \text{ m}^3/\text{d} * 15 \text{ g O/m}^3 + 8650 \text{ g O/d} + 113 \text{ g O/d} + 246 \text{ g O/d} + 5 \text{ g O/d}) / 8622 \text{ g SS/d} = 59 \text{ g O/m}^3$$

$$DBO_{TOT_ef} = (S_{Saer} + SS_{ef} * (Q\Delta X_H + Q\Delta X_A) / Q\Delta X_{sst}) f_{DBO5} =$$

$$= (0,68 \text{ g O/m}^3 + 30 \text{ gr SS/m}^3 * (8650 + 113) \text{ g O/d} / 8622 \text{ g SS/d}) * 0,68 = 31 \text{ g O/m}^3$$

Tabla 9: Calidad del efluente del decantador secundario.

Parámetro	Valor	Observación
$S_{NH_4} \left(\frac{gr}{m^3} \right)$ Nitrógeno amoniacal	0,78	Nitrógeno amoniacal
$S_{NO_3} \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	10,5	Nitrógeno como nitrato,
$N_{org} \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	3,4	Nitrógeno orgánico
$N_t \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	13,9	Nitrógeno total = $N_{org} + S_{NO_3}$
$S_{PO_4} \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	0.5	Fósforo como fosfatos
$P_T \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	0.5	Fósforo total, esta cantidad se garantiza añadiendo nutrientes
$X_{SST} \left(\frac{gr SST}{m^3} \right)$	30.0	Sólidos suspendidos en el efluente, por las condiciones impuestas al decantador secundario
$DQO_{TOTAL} \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	59	Demanda Química de Oxígeno
$DBO_5 \left(\frac{gr}{m^3} \right)$	31	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días a 20° C.

ANEXO 7: Cálculo Perfil Hidráulico

a.1. Introducción:

Se confecciona el presente anexo, con el objeto de complementar el ítem b.2.9 de perfil hidráulico del documento original denominado “Sistema de Tratamiento de Efluentes Líquidos Industriales” elaborado para satisfacer las necesidades de tratamiento de efluentes del Matadero Municipal de Aluminé.

a.2. Fundamento

El flujo de un líquido a través de las tuberías en esta planta de tratamiento se usa en redes de distribución de fluido. El fluido se fuerza a fluir mediante unas bombas a través de cada sección del flujo. Se pone particular atención a la fricción, que se relaciona directamente con la caída de presión y las pérdidas de carga durante el flujo a través de tuberías. Entonces, la caída de presión se usa para determinar la potencia necesaria de bombeo. En este sistema de tuberías se incluyen tuberías de diferentes diámetros, unidas entre sí mediante diversos accesorios, válvulas para controlar la razón de flujo y bombas para presurizar el fluido.

Para determinar las distintas pérdidas de carga se utilizarán las siguientes ecuaciones, tablas y gráficos:

Ecuación de energía

Cuando un sistema de tuberías incluye una bomba, la ecuación de energía de flujo estacionario en términos de carga (Ec. De Bernoulli) se puede expresar como:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_{bomba} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_{turbina} + h_L \quad EC-1$$

Donde:

- h_{bomba} = carga de bomba útil entregada al fluido.
- $h_{turbina}$ = carga de turbina extraída del fluido.

- h_L = pérdida de carga total en las tuberías (inclusive las pérdidas menores si son importantes) entre los puntos 1 y 2.
- P = presión correspondiente al punto 1 y 2.
- V_1 y V_2 = velocidades promedio en las secciones 1 y 2
- z = altura en cada punto 1 y 2.
- g = gravedad, cuyo valor a utilizar es $9,8 \text{ m/s}^2$
- ρ = densidad del fluido.

Cabe mencionar que la carga ocasionada por una bomba (h_{bomba}) será cero, si el sistema de tuberías no incluye este equipo, de igual manera, si el sistema no incluye una turbina su carga (h_{turbina}) será igual a cero y ambos son cero si el sistema no incluye algún dispositivo mecánico para producir o consumir trabajo.

Ecuaciones de pérdidas de carga

En el análisis de los sistemas de tuberías, las pérdidas de presión comúnmente se expresan en términos de la altura de la columna de líquido equivalente, llamada pérdida de carga h_L , que se representa mediante la Ecuación de Darcy-Weisbach (EC-2).

Pérdida de carga mayor

$$h_L = \frac{\Delta P_L}{2g} = f \frac{L}{D} \frac{v_{prom}^2}{2g} \quad EC-2$$

La pérdida de carga h_L representa la altura adicional que el líquido necesita para elevarse por medio de una bomba con la finalidad de superar las pérdidas por fricción en la tubería. La pérdida de carga se produce por la viscosidad y se relaciona directamente con el esfuerzo de corte de la pared del tubo.

Pérdida de carga menor:

El fluido en un sistema de tubería típico pasa a través de diversos accesorios, como pueden ser, uniones, válvulas, flexiones, codos, ramificaciones en forma de letra T (conexiones en T), entradas, salidas, ensanchamientos y contracciones además de los tubos. Dichos componentes interrumpen el suave flujo del fluido y provocan pérdidas adicionales debido

al fenómeno de separación y mezcla del flujo que producen. En un sistema típico, con tubos largos, estas pérdidas son menores en comparación con la pérdida de carga por fricción en los tubos (las pérdidas mayores) y se llaman pérdidas menores.

Cuando está disponible el coeficiente de pérdida para un accesorio, la pérdida de carga para este se determina a partir de la EC-3.

$$h_L = K_L \frac{v^2}{2g} \quad EC-3$$

Cuando ya estén disponibles todos los coeficientes de pérdida, la pérdida de carga total en un sistema de tubería se determina de la siguiente manera:

Pérdida de carga total general

$$h_{L,total} = h_{L,mayor} + h_{L,menor} \quad EC-4$$

$$h_{L,total} = \sum_i f_i \frac{L_i}{D_i} \frac{V_i^2}{2g} + \sum_j K_{L,j} \frac{V_j^2}{2g} \quad EC-5$$

Pérdida de carga total (D= constante)

$$h_{L,total} = \left(f \frac{L}{D} + \sum K_L \right) \frac{v^2}{2g} \quad EC-6$$

Luego, en la tabla 8-4 del libro de mecánica de fluidos (Cengel, 2006), se proporcionan coeficientes de pérdida representativos “K_L” para entradas, salidas, codos, cambios de área repentinos y graduales y válvulas, como así también monogramas y gráficos de longitudes equivalentes.

Con el objeto de completar la información requerida para la EC-6, debemos obtener el factor de fricción “f”. Para ellos se deben conocer los siguientes parámetros.

Número de Reynolds

La transición de flujo laminar a turbulento depende de la geometría, la rugosidad de la superficie, la velocidad del flujo, la temperatura de la superficie y el tipo de fluido, entre otros factores. En este sentido, se sabe que el régimen de flujo depende principalmente de la razón de fuerzas inerciales a fuerzas viscosas en el fluido. Esta razón se llama número de Reynolds y se expresa para flujo interno en una tubería circular como:

$$Re = \frac{\rho V_{prom} D}{\nu} = \frac{V_{prom} D}{\mu} \quad EC-7$$

Donde:

- V_{prom} = velocidad de flujo promedio (m/s)
- D = longitud característica de la geometría (diámetro en este caso, en m)
- $\nu = \mu / \rho$ = viscosidad cinemática del fluido (m²/s).

En la mayoría de las condiciones prácticas, el flujo en una tubería circular se clasifica como:

$$\begin{aligned} Re &\leq 2300 \text{ flujo laminar} \\ 2300 &\leq Re \leq 4000 \text{ flujo transicional} \\ Re &\geq 4000 \text{ flujo turbulento} \end{aligned}$$

El diagrama de Moody

El factor de fricción en tubería, con flujo turbulento totalmente desarrollado depende, del número de Reynolds y la rugosidad relativa e/D , que es la razón de la altura media de rugosidad de la tubería al diámetro de la tubería.

Luego, considerando que, en el diagrama de Moody se representa el factor de fricción de Darcy para flujo en tubería como función del número de Reynolds, el cual se obtiene según lo expresado en el ítem anterior, y la rugosidad relativa, relación e/D , que se puede obtener de la (Figura 1) la cual corresponde a la Tabla 8-2 del libro (Cengel, 2006).

Es igualmente importante mencionar que los valores mostrados en la figura 1, corresponden a tuberías nuevas, y que la rugosidad relativa de estas puede aumentar con el uso, como resultado de la corrosión, la acumulación de sarro y la precipitación.

Material	Rugosidad ε	
	ft	mm
Vidrio, plástico	0 (liso)	
Concreto	0.003-0.03	0.9-9
Duela de madera	0.0016	0.5
Hule, alisado	0.000033	0.01
Tubería de cobre o latón	0.000005	0.0015
Hierro fundido	0.00085	0.26
Hierro galvanizado	0.0005	0.15
Hierro forjado	0.00015	0.046
Acero inoxidable	0.000007	0.002
Acero comercial	0.00015	0.045

Figura 1. Valores de rugosidad equivalentes para tuberías comerciales nuevas. Tabla 8-2 (Cengel, 2006)

Perdida de carga y potencia de la bomba

Una vez realizados los pasos anteriores y considerando que en el sistema no se instalarán turbinas, despejamos de la EC-1, el h_{bomba} .

$$h_{bomba} = \left(\frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} \right) + \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right) + (z_2 - z_1) + h_{turbina} + h_L \quad EC-8$$

Por último, con la pérdida de carga de la bomba se obtiene la potencia mínima de la bomba que permita cumplir con los requerimientos del fluido, para ello, se utiliza la EC-9.

$$P_b = \frac{Q \rho g h_b}{746.e} \quad EC-9$$

Donde:

- P_B = Potencia de la bomba (hp)
- ρ = densidad del agua $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$
- g = gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$
- h_B = carga de bomba útil entregada al fluido (m)
- e = eficiencia de la bomba
- $746W = 1 \text{ hp}$

a.3. Consideraciones generales para el cálculo:

- La tubería utilizada en la planta de tratamiento es de PVC, por lo que la rugosidad ϵ es cero, valor que se obtuvo de la tabla 8-2 (Figura 1) del libro de mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones (Cengel, 2006).
- Los coeficientes de pérdidas de carga de los accesorios fueron obtenidos de:
 - La tabla 8-4 del libro de mecánica de fluidos (Cengel, 2006).
 - Nomograma de longitudes equivalentes.
 - Tabla 3 longitudes equivalentes en diámetros de tubos de diversas válvulas (Greene, 1992)
- De acuerdo con el tipo de flujo (laminar, transición, turbulento) se obtuvo el valor del factor de fricción del diagrama de Moody para cada tramo calculado.

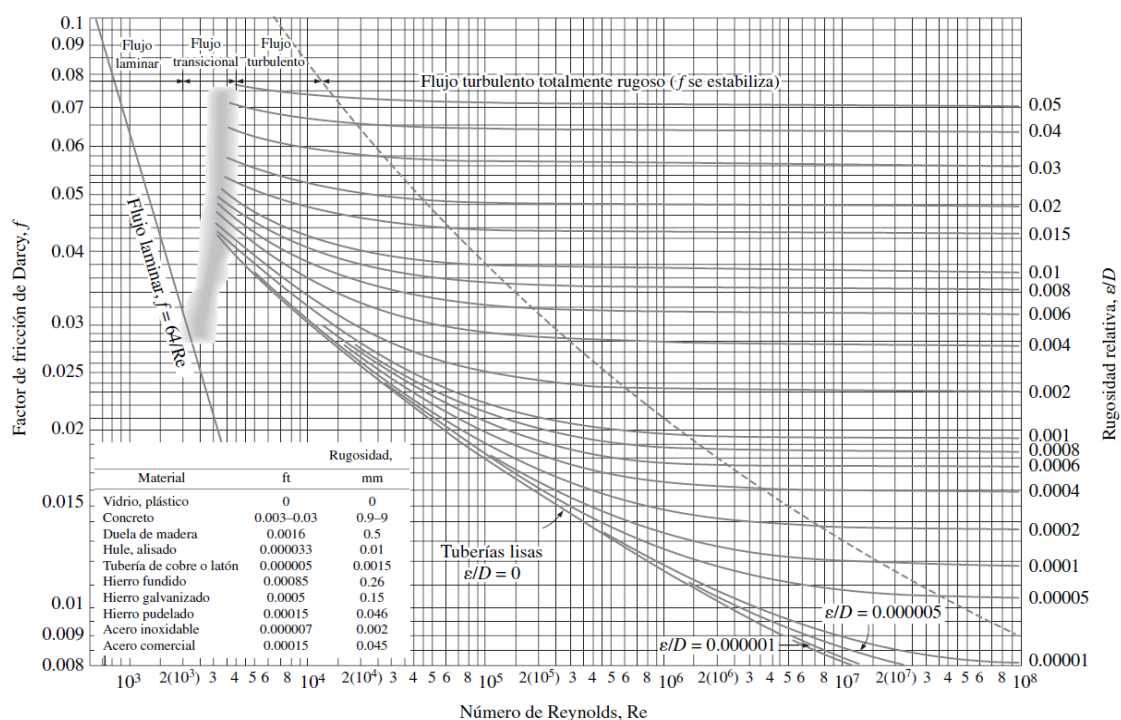


Figura 2. Diagrama de Moody

a.4. Propiedades de los fluidos utilizados en los cálculos:

a.4.1. Líquidos:

Para los líquidos se consideraron las mismas propiedades que las del agua, las cuales se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de los líquidos

parámetro	Viscosidad (μ)	Viscosidad (ν)	densidad
unidad	N*s/m ²	m ² /s	Kg/m ³
valor	0,001	1,00E-06	1.000

a.4.2. Lodos:

La densidad de los lodos se calculó al utilizar los datos típicos sobre las características físicas y las cantidades de fango producidos en diversos procesos de tratamiento de aguas residuales (Metcalf, 2003), los cuales nos proporcionaron el peso específico del fango con un valor de 1,02, que al multiplicarlo por la densidad del agua (1.000 Kg/m³) dio como resultado la densidad del fango: 1.020 Kg/m³. Este valor se muestra en la Tabla 2.

El valor de la viscosidad de los lodos fue conseguido al emplear la información de la Figura 3 del artículo científico (Azami, 2011) sobre las propiedades reológicas de los lodos, en este se encuentran valores de viscosidad aparente de lodos activados en función la concentración de varios sólidos suspendidos en licor mixto (MLSS). Se ingreso a la gráfica con el valor de concentración de sólidos suspendidos totales $X_{SST} = 9 \text{ Kg SST/m}^3$, valor que fue tomado de la memoria técnica en el diseño del reactor secundario del informe de Sistema de Tratamiento de Efluentes Líquidos Industriales, Proyecto: Matadero Municipal de Aluminé. Finalmente, la viscosidad para las X_{SST} se verificó con la EC- 10 (que describe la gráfica de la Figura 3) arrojando un valor de viscosidad de $5,66 \cdot 10^{-3} \text{ N*s/m}^2$ Tabla 2. El lodo es un fluido no newtoniano

$$y = 2,111 * e^{0,1095x}$$

EC- 10

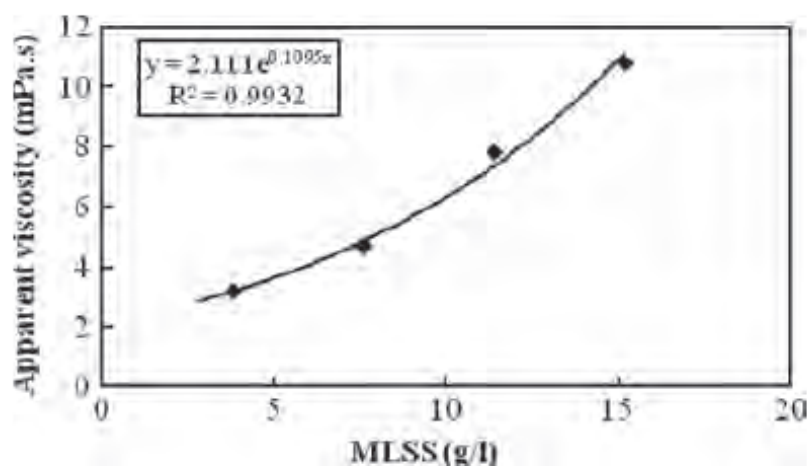


Figura 3. Viscosidad de lodos activados en varios MLSS

Tabla 2. propiedades de los lodos

Parámetro	MLSS	Viscosidad (μ)	Viscosidad (μ)	densidad
unidad	gr/l	mPa*s	N*s/m ²	Kg/m ³
valor	9	5,66	$5,66 \cdot 10^{-3}$	1.020

a.5. Cálculos:

Tomando en cuenta el diagrama de flujo (figura 24) del documento principal, se realizan a continuación los cálculos de las bombas requeridas, para el correcto funcionamiento de la planta.

Se presenta a modo de ejemplo la metodología utilizada para la bomba B1, y luego se presentan los resultados correspondientes al resto de las bombas. Por otra parte se adjunta a este documento un archivo de Excel con los cálculos aquí mostrados.

Además, mencionar que los puntos de referencia indicados en cada caso, se pueden ver en los planos adjuntos.

Por último, luego de presentar los resultados particulares para cada bomba, se muestra un resumen de los requerimientos en cada caso y un listado de las bombas seleccionadas para tal fin.

a.5.1. Conexión entre Cámara de registro (CR) – Tanque Pulmón (TK1)

La cámara o boca de registro, recibe por gravedad los líquidos provenientes de la línea de verdes, de rojos y cloacales, esta cámara cumple la función de colector – derivador. Actualmente esta cámara alimenta por gravedad la planta de tratamiento de efluentes que se desea reemplazar.

La CR alimenta al nuevo TK1, también por gravedad, se verifica a continuación que esta condición se cumpla.

Tabla 3: Datos de cámara de registro y Tanque pulmón.

CR (P1)			TK 1 (P2)		
h1	4	m	h2	0	m
P1m	0	m	P2m = Ph	3,66	m
D	0,2	m	V2	5,31E-03	m ²
A	3,14E-02	m ²	Alt. Líquido	2,2	m
V1	5,31E-03	m/s	h1	7,83E-05	m

Luego tomando la EC-1 y considerando que en este tramo, no se instalarán bombas o turbinas, la ecuación se reduce a:

$$h_1 > \frac{P_2}{\rho g} + h_l$$

$$4 \text{ m} > 2,20 \text{ m} + 7,83 \times 10^{-5} \text{ m} \approx 2,22 \text{ m}$$

Verificando la condición de alimentación desde la CR al TK1.

a.5.2. Cálculo de requerimiento de bomba. Conexión TK1 al R. Anóxico TK2.

La planta de tratamiento de efluentes se diseña en dos etapas constructivas, la 1° etapa contempla la mitad del caudal máximo y la 2° etapa completa el caudal total de proceso, eso es 1,2 m³/h en su máximo caudal y 0,6 m³/h en la 1° etapa.

Para la alimentación del reactor anóxico se debe cumplir un caudal diario total de 14,4 m³/d, que se distribuirá en 6 cargas diarias de 2,4 m³ entregados durante 1 hora, de esta forma la bomba funcionará 1 hora y descansa 3 hs.

En esta primera parte se calcula la carga útil de la bomba que se entrega al fluido, utilizando la ecuación de energía EC- 1.

Para los líquidos se consideraron las mismas propiedades del agua las cuales se pueden ver en la Tabla 1.

Con los valores de caudal y diámetro de cañería, se obtiene el valor de velocidad v , utilizando la ecuación EC- 11:

$$Q = V * A$$

EC- 11

Se procede a calcular el número de Reynold con la ecuación EC- 7, lo que arroja como resultado que el flujo es turbulento al obtener un valor mayor a 2300. Estos resultados son expresados en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros considerados en el cálculo de la bomba.

Parámetro	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Área	Velocidad (v) EC- 11	Viscosidad dinámica (μ)	Densidad (ρ)	Reynolds (Re) EC- 7	Régimen
Unidad	m³/s	m	m²	m/s	N*s/m²	Kg/m³	---	Transición
Valor	$6,67 \times 10^{-4}$	0,052	$2,12 \times 10^{-3}$	0,314	1×10^{-3}	1.000	$1,63 \times 10^4$	

Para calcular la pérdida de carga total (Δh) se utilizó la ecuación EC- 4, se realizó el cálculo previo de la pérdida de carga en la tubería EC- 2 y la pérdida de carga en accesorios EC- 3. Los valores considerados para el cálculo y los resultados de pérdidas de carga se expresan en la Tabla 5.

Tabla 5. Pérdidas de carga: mayores, menores y total.

Parámetro	Coefficiente de fricción (f) Figura 2	Longitud (L)	Gravedad (g)	Pérdida de carga en tubería (ht) EC- 2	Codos totales	KI (accesorios)	Pérdida de carga en accesorios (ha) EC- 3	Pérdida de carga total (Δh) EC- 4
Unidad	---	m	m/s ²	m	---	----	m	m
Valor	0,0255	6,66	9,8	1,64*10 ⁻²	2	0,9	9,06*10 ⁻³	2,55*10 ⁻²

El tramo de cañería analizado mantiene constante su diámetro, por lo que la velocidad de entrada y salida se consideran iguales, si se tiene en cuenta la ecuación de continuidad EC- 12.

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad \text{EC- 12}$$

La pérdida de carga cinética se calcula con la ecuación EC- 13.

$$\Delta v = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \quad \text{EC- 13}$$

Entonces, al tener velocidades iguales, la pérdida de carga cinética es igual a cero, como se indica en la Tabla 6. Dado que en todo el proceso se mantienen los diámetros de cañería en cada tramo, la variación de velocidad siempre es cero.

Tabla 6. Pérdida de carga cinética.

Parámetro	V ₂	V ₃	Pérdida de carga cinética 2	Pérdida de carga cinética 3	Pérdida de carga cinética (Δv) EC- 13
Unidad	m/s	m/s	m	m	m
Valor	0,31	0,31	5,03*10 ⁻³	5,03*10 ⁻³	0

El tanque pulmón n°1 tiene una columna de líquido a considerar, por lo que proporciona presión hidrostática que debe tenerse en cuenta para calcular la pérdida de carga de flujo. En el punto 1, la presión se calculará utilizando la ecuación EC- 14.

$$P = P_{atm} + P_{hidrostática} \quad EC- 14$$

Siendo la presión hidrostática calculada con la ecuación EC- 15.

$$P_{hidrostática} = \rho * g * h \quad EC- 15$$

El punto 2 no tiene columna de líquido a considerar, por lo que la presión hidrostática en este es cero.

La pérdida de carga de flujo se calcula utilizando la ecuación EC- 16, y su valor puede verse en la Tabla 7.

$$\Delta P = \frac{P_2}{\rho * g} - \frac{P_1}{\rho * g} \quad EC- 16$$

Tabla 7. Pérdida de carga de flujo.

Parámetro	P ₂	P ₃	P. Hidrostática en P ₂ EC- 15	P. Hidrostática en P ₃ EC- 15	Pérdida de carga de flujo P ₂ EC- 14	Pérdida de carga de flujo P ₃ EC- 14	Pérdida de carga de flujo (ΔP) EC- 16
Unidad	Pa	Pa	m	m	m	m	m
Valor	1.014*10 ⁵	1.014*10 ⁵	2,20	0	12,54	10,35	-2,20

El punto 1 utilizado como referencia presenta una altura de 0 m, y la altura en el punto 2 marca un valor de 4,6 m. Para calcular la altura ocasionada por la pérdida de carga potencial se utilizará la ecuación EC- 17:

$$\Delta z = z_2 - z_1 = 4,6m - 0m = 4,6 m \quad EC- 17$$

Una vez obtenidos los términos de pérdidas de carga cinético, de flujo, potencial y pérdidas de carga total, se procede a despejar la carga útil de la bomba (h_{bomba}) de la ecuación de

energía EC- 1, quedando la EC-8. El término h_{turbina} es cero, ya que no existe ninguna turbina en el tramo analizado. Además aplicando la EC-9, se obtiene la potencia mínima requerida de la bomba en hp. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8. Pérdida de carga potencial y carga útil de la bomba.

Parámetro	h_{bomba} EC- 8	P_{bomba} EC-9
Unidad	m	hp
Valor	2,43	0,01

Dado que la carga útil de la bomba es mayor que cero, se concluye que es necesario instalar una bomba (B1), para cumplir el requerimiento del fluido.

En todos los tramos en los que se calculan las bombas se siguió la misma metodología explicada en este apartado, las salvedades con respecto a consideraciones diferentes serán explicadas en cada caso.

a.5.3. Conexión entre reactores (TK2 y TK3)

Los reactores anóxico y aeróbico, se comunican mediante cañería libre, que regula nivel de líquido, la conexión entre ambos se da por rebalse.

a.5.4. Cálculo de requerimiento de bomba en conexión (TK3-D1)

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para el cálculo de requerimiento de bomba entre el reactor aeróbico (TK3) y el decantador (D1).

Tabla 9: Parámetros considerados para el cálculo de la bomba.

Parámetro	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Área	Velocidad (v) EC- 11	Viscosidad dinámica (μ)	Densidad (ρ)	Reynolds (Re) EC- 7	Régimen
Unidad	m ³ /s	m	m ²	m/s	N*s/m ²	Kg/m ³	---	Laminar
Valor	1,67*10 ⁻⁴	0,0936	6,88*10 ⁻³	0,024	1*10 ⁻³	1.000	2,274*10 ³	

Tabla 10. Pérdidas de carga: mayores, menores y total.

Parámetro	Coefficiente de fricción (f) Figura 2	Longitud (L)	Gravedad (g)	Pérdida de carga en tubería (ht) EC- 2	Codos totales	KI (accesorios)	Pérdida de carga en accesorios (ha) EC- 3	Pérdida de carga total (Δh) EC- 4
Unidad	---	m	m/s ²	m	---	----	m	m
Valor	0,028	5,95	9,8	5,37*10 ⁻⁵	2	0,9	2,39*10 ⁻⁵	1,08*10 ⁻⁴

Tabla 11. Pérdida de carga de flujo.

Parámetro	P ₄	P ₅	P. hidrostática en P ₄	P. hidrostática en P ₅	Pérdida de carga de flujo P ₃ EC- 15	Pérdida de carga de flujo P ₄ EC- 15	Pérdida de carga de flujo (ΔP) EC- 16
Unidad	Pa	Pa	m	m	m	m	m
Valor	101400	101400	4,38	0	14,73	10,35	-4,4

Tabla 12. Pérdida de carga potencial y pérdida de carga total.

Parámetro	z ₄	z ₅	Pérdida de carga potencial (Δz) EC- 17
Unidad	m	m	m
Valor	4,38	2,46	-1,92

Tabla 13. Pérdida de carga potencial y carga útil de la bomba.

Parámetro	h _{bomba} EC- 8	P _{bomba} EC-9
Unidad	m	hp
Valor	-6,30	-1,73*10 ⁻⁴

Dado que el cálculo de la carga útil de la bomba es negativo, se concluye que el líquido desde el reactor aeróbico hacia el decantador, no requiere bombeo, y que la descarga se realiza por rebalse.

a.5.5.Cálculo de requerimiento de bomba en conexión TK3 y TK2 (Recirculación)

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para la recirculación interna entre el reactor aeróbico y el reactor anóxico, el cual se realizará durante 1 hora cada 4 horas, es decir 1 hora de funcionamiento y 3 horas de bomba parada.

Tabla 14. Parámetros considerados en el cálculo de la bomba B2.

Parámetro	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Área	Velocidad (v) EC- 11	Viscosidad dinámica (μ)	Densidad (ρ)	Reynolds (Re) EC- 7	Rugosidad (ε) (Tabla)	Rugosidad relativa (ε/D)	Régimen
Unidad	m ³ /s	m	m ²	m/s	N*s/m ²	Kg/m ³	---	mm	---	Turbulento
Valor	3,33*10 ⁻⁴	0,025	4,91*10 ⁻⁴	0,68	0,001	1000	1,7*10 ⁴	0	0	

Tabla 15. Pérdidas de carga: mayores, menores y total.

Parámetro	Coefficiente de fricción (f)	Longitud (L)	Gravedad (g)	Pérdida de carga en tubería (ht) EC- 2	Codos totales	KI (accesorios)	Pérdida de carga en accesorios (ha) EC- 3	Pérdida de carga total (Δh) EC- 4
Unidad	---	m	m/s ²	m	---	----	m	m
Valor	0,0255	8,6	9,8	0,21	2	0,9	4,24*10 ⁻²	0,25

Tabla 16. Pérdidas de carga de flujo

Parámetro	P ₆	P ₃	P. Hidrostática en P ₆ EC- 15	P. Hidrostática en P ₃ EC- 15	Pérdida de carga de flujo P ₆ EC- 14	Pérdida de carga de flujo P ₃ EC- 14	Pérdida de carga de flujo (ΔP) EC- 16
Unidad	Pa	Pa	m	m	m	m	m
Valor	101400	101400	4,38	0	14,72	10,34	-4,38

Tabla 17. Pérdida de carga potencial y carga útil de la bomba

Parámetro	z ₆	z ₃	Pérdida de carga potencial (Δz)
Unidad	m	m	m
Valor	0	4,91	4,91

Tabla 18. Pérdida de carga potencial y carga útil de la bomba.

Parámetro	h _{bomba} EC- 8	P _{bomba} EC-9
Unidad	m	hp
Valor	0,78	2,13*10 ⁻³

Según se observa en la Tabla 18, se requiere instalar una bomba, que cubra las necesidades de recirculación. Bomba “B2”.

a.5.6. Cálculo de requerimiento de bomba – Decantador (D1) – TK Desinfección

Tabla 19. Parámetros considerados en el cálculo de la bomba.

Parámetro	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Área	Velocidad (v) EC- 11	Viscosidad dinámica (μ)	Densidad (ρ)	Reynolds (Re) EC- 7	Rugosidad (ε) (Tabla)	Rugosidad relativa (ε/D)	Régimen
Unidad	m ³ /s	m	m ²	m/s	N*s/m ²	Kg/m ³	---	mm	---	Turbulento
Valor	1,67*10 ⁻⁴	0,05	1,93*10 ⁻⁴	8,49*10 ⁻⁴	0,001	1000	4246,28	0	0	

Tabla 20. Pérdidas de carga: mayores, menores y total.

Parámetro	Coefficiente de fricción (f)	Longitud (L)	Gravedad (g)	Pérdida de carga en tubería (ht) EC- 2	Codos totales	KI (accesorios)	Pérdida de carga en accesorios (ha) EC- 3	Pérdida de carga total (Δh) EC- 4
Unidad	---	m	m/s ²	m	---	----	m	m
Valor	0,045	1,8	9,8	5,96*10 ⁻⁴	1	0,9	3,31*10 ⁻⁴	9,27*10 ⁻⁴

Tabla 21. Pérdidas de carga de flujo

Parámetro	P _s	P ₇	P. Hidrostática en P _s EC- 15	P. Hidrostática en P ₇ EC- 15	Pérdida de carga de flujo P _s EC- 14	Pérdida de carga de flujo P ₇ EC- 14	Pérdida de carga de flujo (ΔP) EC- 16
Unidad	Pa	Pa	m	m	m	m	m
Valor	1.013*10 ⁵	1.013*10 ⁵	0	0	10,34	10,34	0

Tabla 22. Pérdida de carga potencial y carga útil de la bomba

Parámetro	z _s	z ₇	Pérdida de carga potencial (Δz)
Unidad	m	m	m
Valor	2,5	0,7	-1,8

Tabla 23. Pérdida de carga potencial y carga útil de la bomba.

Parámetro	h _{bomba} EC- 8	P _{bomba} EC-9
Unidad	m	hp
Valor	-1,8	-4,93*10 ⁻³

Según se observa en la Tabla 23, dado que el valor de carga útil de la bomba es negativo, no se requiere instalar una bomba, la descarga se realizará por rebalse.

a.5.7. Cálculo de requerimiento de bomba para descarga de lodos del decantador

Para el caso de los lodos provenientes del decantador, es necesario tener en cuenta, ciertas particularidades, ya que la pérdida de carga que se produce en el bombeo de fango depende de las propiedades de flujo del fango, del diámetro de la conducción, y de la velocidad de circulación. Las pérdidas de carga aumentan con el contenido de sólidos, materia volátil y la disminución de la temperatura. Estas pérdidas son proporcionales a la viscosidad y velocidad para la mayoría de los fluidos newtonianos (agua, aceite y mayoría de los fluidos) en flujo laminar. Los fangos diluidos, (fangos activados y fangos procedentes de filtros percoladores sin concentrar), tienen un comportamiento similar al del agua. Sin embargo, los fangos de aguas residuales concentrados no son fluidos Newtonianos. En el caso de fluidos no Newtonianos, la pérdida de carga en condiciones de flujo laminar no es proporcional a la velocidad, de modo que la viscosidad deja de ser constante (Metcalf, 2003). Para determinar la pérdida de carga bajo condiciones de flujo laminar, y la velocidad a la que se inicia el flujo turbulento, existen procedimientos especiales, basados en la reología del fango:

- Para determinar la pérdida de carga, el factor multiplicador k se obtiene a partir de curvas empíricas para un contenido de sólidos y un tipo de fango determinados. Las pérdidas de carga en el bombeo de fangos se calculan multiplicando el valor de la pérdida de carga producida con agua, obtenida con la ecuación de Darcy-Weisbach, Hazen-Williams, o Manning, por el factor k . Las condiciones para aplicar este método es que las conducciones de transporte de fango correspondan a longitudes cortas, flujo laminar y velocidades como mínimo de 0,8 m/s, no considerando el comportamiento tixotrópico, y la conducción no se halla obturada por grasas u otros materiales.
- Para el bombeo de fangos a larga distancia se utiliza el método alternativo basado en las propiedades del flujo del fango, por lo que se pueden emplear dos números adimensionales: el número de Reynolds y el número de Hedstrom.

Debido a que se trabaja con fangos activados y no cumplen con los requisitos de cálculo proporcionados por la bibliografía, mencionados anteriormente, esta propone que se realice el cálculo de las pérdidas de carga como si se trataran de fluidos newtonianos.

El decantador secundario alimenta de lodos al espesador y al reactor anóxico, con un caudal de $1,2 \text{ m}^3/\text{d}$ al espesador y $7,2 \text{ m}^3/\text{d}$ se recirculan al tanque anóxico (TK2). Es decir el decantador debe distribuir $8,4 \text{ m}^3/\text{d}$, se propone realizar 7 descargas diarias de $1,2 \text{ m}^3$ en 1 hora, de esta manera se alimenta durante 1 hora el espesador y el resto de las descargas cumplen el requerimiento de recirculación, de esta manera la bomba descarga 1 hora y descansa 2:30 hs.

Se calcula la bomba para cada servicio considerando que los equipos de destino presentan diferentes condiciones, respecto de su pérdida de carga.

a.5.7.1. Descarga de lodos del decantador al espesador

Tabla 24. Parámetros considerados en el cálculo de la bomba.

Parámetro	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Área	Velocidad (v) EC- 11	Viscosidad dinámica (μ)	Densidad (ρ)	Reynolds (Re) EC- 7	Rugosidad (ϵ) (Tabla)	Rugosidad relativa (ϵ/D)	Régimen
Unidad	m^3/s	m	m^2	m/s	$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$	Kg/m^3	---	mm	---	Laminar
Valor	$3,33\cdot 10^{-4}$	0,036	$1\cdot 10^{-3}$	$2,76\cdot 10^{-3}$	$5,66\cdot 10^{-3}$	1020	2127	0	0	

Tabla 25. Pérdidas de carga: mayores, menores y total.

Parámetro	Coefficiente de fricción (f)	Longitud (L)	Gravedad (g)	Pérdida de carga en tubería (ht) EC- 2	Codos totales	Kl de codos	Long. Equivalente válvula 3 vías	Pérdida de carga en accesorios (ha) EC- 3	Pérdida de carga total (Δh) EC- 4
Unidad	---	m	m/s^2	m	---	----	m	m	m
Valor	0,03	6,31	9,8	$2,89\cdot 10^{-2}$	3	0,9	0,305	0,01	$4,37\cdot 10^{-2}$

Tabla 26. Pérdidas de carga de flujo

Parámetro	P_8	P_9	P. Hidrostática en P_8 EC- 15	P. Hidrostática en P_9 EC- 15	Pérdida de carga de flujo P_8 EC- 14	Pérdida de carga de flujo P_9 EC- 14	Pérdida de carga de flujo (ΔP) EC- 16
Unidad	Pa	Pa	m	m	m	m	m
Valor	101400	101400	2,46	0	12,59	10,14	-1,28

Tabla 27. Pérdida de carga potencial y carga útil de la bomba

Parámetro	z_8	z_9	Pérdida de carga potencial (Δz)
Unidad	m	m	m
Valor	0,8	4,31	3,51

Tabla 28. Pérdida de carga potencial y carga útil de la bomba.

Parámetro	h _{bomba} EC- 8	P _{bomba} EC-9
Unidad	m	hp
Valor	1,1	6,12*10 ⁻³

Según se observa en la Tabla 28, se requiere instalar una bomba, que cubra las necesidades de alimentación del espesador.

a.5.7.2. Descarga de lodos del decantador al reactor anóxico

Tabla 29. Parámetros considerados en el cálculo de la bomba.

Parámetro	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Área	Velocidad (v) EC- 11	Viscosidad dinámica (μ)	Densidad (ρ)	Reynolds (Re) EC- 7	Rugosidad (ε) (Tabla)	Rugosidad relativa (ε/D)	Régimen
Unidad	m ³ /s	m	m ²	m/s	N*s/m ²	Kg/m ³	---	mm	---	Laminar
Valor	3,33*10 ⁻⁴	0,036	1*10 ⁻³	0,33	5,66*10 ⁻³	1020	2127	0	0	

Tabla 30. Pérdidas de carga: mayores, menores y total.

Parámetro	Coefficiente de fricción (f)	Longitud (L)	Gravedad (g)	Pérdida de carga en tubería (ht) EC- 2	Codos totales	KI de codos	Long. Equivalente válvula 3 vías	Pérdida de carga en accesorios (ha) EC- 3	Pérdida de carga total (Δh) EC- 4
Unidad	---	m	m/s ²	m	---	----	m	m	m
Valor	0,03	14,30	9,8	6,55*10 ⁻²	3	0,9	0,305	0,01	0,08

Tabla 31. Pérdidas de carga de flujo

Parámetro	P ₈	P ₃	P. Hidrostática en P ₈ EC- 15	P. Hidrostática en P ₃ EC- 15	Pérdida de carga de flujo P ₈ EC- 14	Pérdida de carga de flujo P ₃ EC- 14	Pérdida de carga de flujo (ΔP) EC- 16
Unidad	Pa	Pa	m	m	m	m	m
Valor	101400	101400	2,46	0	12,60	10,14	-2,46

Tabla 32. Pérdida de carga potencial.

Parámetro	z ₈	z ₃	Pérdida de carga de potencial (Δz)
Unidad	m	m	m
Valor	0,8	5	4,2

Tabla 33. Carga útil de la bomba y potencia de la bomba.

Parámetro	h_{bomba} EC- 8	P_{bomba} EC-9
Unidad	m	hp
Valor	1,82	0,01

Según se observa en la Tabla 33, se requiere instalar una bomba, que cubra las necesidades de recirculación.

Para seleccionar la bomba se tomó la condición más restrictiva, además se propone el uso de una bomba triturador con el objeto de facilitar el funcionamiento de la misma.

a.5.7.3. Bomba tornillo 1

La bomba tornillo (BT1) requiere descargar 0,44 m³/d, dado el bajo caudal se descargará el espesador una vez al día coincidiendo con la carga del mismo.

Tabla 34. Parámetros considerados en el cálculo de la bomba.

Parámetro	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Área	Velocidad (v) EC- 11	Viscosidad dinámica (μ)	Densidad (ρ)	Reynolds (Re) EC- 7	Rugosidad (ε) (Tabla)	Rugosidad relativa (ε/D)	Régimen
Unidad	m ³ /s	m	m ²	m/s	N*s/m ²	Kg/m ³	---	mm	---	Laminar
Valor	1,22*10 ⁻⁴	0,1	7,85*10 ⁻³	1,56*10 ⁻²	5,66*10 ⁻³	1020	280,8	0	0	

Tabla 35. Pérdidas de carga: mayores, menores y total.

Parámetro	Coefficiente de fricción (f)	Longitud (L)	Gravedad (g)	Pérdida de carga en tubería (ht) EC- 2	Codos totales	KI (accesorios)	Pérdida de carga en accesorios (ha) EC- 3	Pérdida de carga total (Δh) EC- 4
Unidad	---	m	m/s ²	m	---	----	m	m
Valor	0,23	7	9,8	1,97*10 ⁻⁴	3	0,9	3,34*10 ⁻⁵	2,31*10 ⁻⁴

Tabla 36. Pérdidas de carga de flujo

Parámetro	P_{10}	P_{11}	P. Hidrostática en P_{10} EC- 15	P. Hidrostática en P_{16} EC- 15	Pérdida de carga de flujo P_{11} EC- 14	Pérdida de carga de flujo P_{10} EC- 14	Pérdida de carga de flujo (ΔP) EC- 16
Unidad	Pa	Pa	m	m	m	m	m
Valor	101400	101400	3	0	13,14	10,14	-3

Tabla 37. Pérdida de carga potencial.

Parámetro	Z ₁₀	Z ₁₁	Pérdida de carga de potencial (Δz)
Unidad	m	m	m
Valor	0,8	5,5	4,7

Tabla 38. Carga útil de la bomba y potencia de la bomba.

Parámetro	h _{bomba} EC- 8	P _{bomba} EC-9
Unidad	m	hp
Valor	1,7	3,5*10 ⁻³

Según se observa en la Tabla 38, se requiere instalar una bomba, que para este caso se requiere una bomba de tipo tornillo.

a.5.7.4. Cálculo de requerimiento de bomba. Espesador – R. anóxico

Siguiendo los lineamientos mencionados antes, se obtienen los resultados para la B7, que se muestran a continuación.

Tabla 39. Parámetros considerados en el cálculo de la bomba.

Parámetro	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Área	Velocidad (v) EC- 11	Viscosidad dinámica (μ)	Densidad (ρ)	Reynolds (Re) EC- 7	Rugosidad (ε) (Tabla)	Rugosidad relativa (ε/D)	Régimen
Unidad	m ³ /s	m	m ²	m/s	N*s/m ²	Kg/m ³	---	mm	---	Turbulento
Valor	2,17*10 ⁻⁴	0,036	1,02*10 ⁻⁴	0,21	0,001	1000	7.667	0	0	

Tabla 40. Pérdidas de carga: mayores, menores y total.

Parámetro	Coefficiente de fricción (f)	Longitud (L)	Gravedad (g)	Pérdida de carga en tubería (ht) EC- 2	Codos roscados de 90	Válvula antirretorno, de retención o de charnela	KI codos de 90	KI válvulas	Pérdida de carga en accesorios (ha) EC- 3	Pérdida de carga total (Δh) EC- 4
Unidad	---	m	m/s ²	m	---	---	----	---	m	m
Valor	0,035	18	9,8	4,05*10 ⁻²	2	1	0,9	2	8,33*10 ⁻³	4,88*10 ⁻²

Tabla 41. Pérdidas de carga de flujo

Parámetro	P ₉	P ₃	P. Hidrostática en P ₉ EC- 15	P. Hidrostática en P ₃ EC- 15	Pérdida de carga de flujo P ₉ EC- 14	Pérdida de carga de flujo P ₃ EC- 14	Pérdida de carga de flujo (ΔP) EC- 16
-----------	----------------	----------------	---	---	--	--	--

Unidad	Pa	Pa	m	m	m	m	m
Valor	101325	101325	0	0	1,03E+01	1,03E+01	0

Tabla 42. Pérdida de carga potencial.

Parámetro	z ₉	z ₃	Pérdida de carga de potencial (Δz)
Unidad	m	m	m
Valor	3	5	2

Tabla 43. Carga útil y potencia de la bomba.

Parámetro	h _{bomba} EC- 8	P _{bomba} EC-9
Unidad	m	hp
Valor	2,05	7,44*10 ⁻³

Según se observa en la Tabla 43, se requiere instalar una bomba, que cubra las necesidades de recirculación.

Para seleccionar la bomba se tomó la condición más restrictiva, además se propone el uso de una bomba triturador con el objeto de facilitar el funcionamiento de la misma.

a.6. Selección de bombas

Con los datos obtenidos de altura manométrica y caudal volumétrico de cada bomba, que corresponden al Sistema de Tratamiento de Efluentes Líquidos Industriales del proyecto Matadero Municipal de Aluminé, se procede a realizar una selección de bombas, ésta puede verse en la Tabla 44.

Tabla 44. Selección de bombas

Etapas	Nomenclatura	Equipo	Caudal requerido m ³ /h	Carga útil de la bomba requerida (m)	Características mínimas requeridas
CR – TK1	-				No requiere bomba

TK1-TK2	B1	Bomba sólidos	2,4	2,43	Altura manométrica= 3 m. Potencia 1 HP. Diámetro de solidos hasta 50 mm
TK2 – TK3	-				No requiere bomba
TK3 – D1	-				No requiere bomba
TK3-TK2 Recirculación	B2	Bomba sólidos	1,2	0,78	Altura manométrica= 2 m. Potencia 0,65 HP. Diámetro de solidos hasta 20 mm Trituradora
D1-TKD	-				No requiere bomba
D1-E1	B3	Bomba sólidos	1,2	1,1	Altura manométrica= 2 m. Potencia 0,65 HP. Diámetro de solidos hasta 20 mm Trituradora
D1-TK2		Bomba sólidos	1,2	1,82	
E1-TK2	B4	Bomba sólidos	0,78	2,05	Altura manométrica= 2 m. Potencia 0,65 HP. Diámetro de solidos hasta 20 mm Trituradora
E1-TK4	BT1	Bomba sólidos	0,44	1,7	Potencia 1 HP. Caudal 1 m ³ /h. Potencia 1 HP. Tornillo

a.7. Bibliografía

Azami, M. S. (2011). *Influencia de las prop. reológicas de los lodos en el ensuciamiento de la membrana en un reactor.*

Cengel, C. (2006). *Mecánica de fluidos, fundamentos y aplicaciones .*

Greene, R. W. (1992). *Válvulas Selección, uso y mantenimiento.*

Metcalf, E. (2003). *Ingeniería de aguas residuales.*

ANEXO 8: Infraestructura Eléctrica

a.1. Introducción:

Se confecciona el presente anexo, con el objeto de especificar los requerimientos que debe cumplir la instalación eléctrica en su conjunto a desarrollarse según las necesidades de la nueva planta de tratamiento de efluentes del Matadero Municipal de Aluminé.

Se determinará a partir del diagrama de flujo del proceso de la planta y de las fichas técnicas de los equipos, cuáles serán las cargas que se deben alimentar, como así también las necesidades de los servicios auxiliares de control, iluminación y tomacorrientes

a.2. Normativa

Conforme a la Normativa Vigente, se han contemplado los códigos, normas y estándares de las siguientes Instituciones:

- AEA: Asociación Electrotécnica Argentina.
- IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- IEC: International Electrotechnical Commission
- LEY: 19.587 Ley de seguridad e higiene del trabajo
- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

Dando prioridad en todo concepto a las normas AEA e IRAM en primer término. Frente a la ausencia de reglamentaciones de éstas, resulta de aplicación las normas IEC, siendo las demás para consultas complementarias.

Puntualmente, serán de especial aplicación las siguientes normas:

- Para el cableado se proyectará la utilización de cables IRAM-NM 247-3, IRAM 2178 e IRAM 2004.
- Los elementos de maniobra y protección proyectados tendrán certificaciones según IEC 60947, IEC 60898, IEC 61008, según corresponda.

- El dimensionamiento térmico y de caída de tensión de la instalación se hará de acuerdo a AEA 90364-5-52.
- El cálculo de cortocircuito se realizará de acuerdo a AEA 90909-0.

a.3. Memoria Descriptiva Eléctrica

a.3.1. Punto de Conexión:

El punto de conexión esta dado en un tablero que quedará en desuso, dentro del predio del Matadero y en cercanías de la implantación de la obra. Si la verificación de aislación de la red existente de baja tensión subterránea, señala que está en buen estado, se la podrá utilizar para la alimentación de las nuevas instalaciones. Caso contrario se deberá prever la instalación de un nuevo cable subterráneo desde el pilar hasta el tablero de la nueva planta.

a.3.2. Instalación de la Red Eléctrica.

El tendido de la totalidad de la red de baja tensión será en forma trifásica, con cables tetra polares subterráneos de cobre, conforme a Norma IRAM 2178.

En la zona de tránsito al aire libre, los cables subterráneos irán tendidos dentro de una zanja de 0.70 m de profundidad y 20 cm de ancho, sobre una cama arena de 5 cm de espesor en el fondo de la misma, luego se los recubre con una capa arena zarandeada con un espesor de 10 cm. Sobre esta se deberá colocar ladrillones o losetas de hormigón armado como protección mecánica, de tal manera que cubran totalmente la superficie de los cables (Ladrillones colocados en forma transversal a la zanja). Sobre la protección mecánica se rellena la zanja con un espesor de 20 cm y sobre esta se colocará a lo largo de toda la zanja una cinta enrejada de color rojo y blanca con inscripción de peligro alta tensión de 20 cm de ancho. Luego se terminará de rellenar la zanja con el material de apertura de la misma, teniendo en cuenta que cada 20 cm se deberá realizar una compactación de la zanja. (ver Figura 1)

Los conductores deberán ser sellados con punta terminal termo contraíble en sus extremos y se dejara un rulo de revancha en punta de 2 m.

En el interior de la nave los cables irán montados en bandeja portacable tipo escalera con tapa, soportadas cada 1,5M de máxima y en todos los cambios de dirección, 25cm antes y 25cm después del accesorio

La acometida de los cables desde la bandeja, se canalizarán a través de caños tipo Daisa de acero Galvanizado y accesorios de 1" para cables de potencia/comando y de 2" para las salidas troncales desde el cuadro principal y entradas a bandeja.

Este tipo de instalación rige para las conexiones de los motores de las bombas de la planta, flotantes, electroválvulas, alumbrado exterior, etc.

- Iluminación interior de la Nave:

Las instalaciones se resumen en:

Canalizaciones con caños, cajas, conectores, acoples y demás accesorios de PVC de 25 mm de diámetro tipo Tubelectric línea pesada.

Los cables a instalar deberán cumplir con la Norma Iram 247/3.

Artefactos de iluminación serán del tipo LUMENAC Modelo Venus de 100 Watt o similar, consiguiéndose un nivel de iluminación conforme a la norma para este tipo de Instalación.

- Iluminación Exterior.

Las instalaciones se resumen en:

Artefactos de iluminación perimetral del tipo Reflector simétrico OSRAM Modelo Bellalux de 150 Watt o similar, consiguiéndose un nivel de iluminación conforme a la norma para este tipo de Instalación.

Cables de alimentación a los artefactos de alumbrado serán del tipo unipolar con cañería tipo Tubelectric línea pesada con Puesta a tierra de los soportes metálicos.

El comando del alumbrado exterior se realizará a través de contactor y foto control instalado en el tablero de corte y protección general de la planta

- Tableros de tomas

Se dispondrán en la nave dos tableros de tomas para usos generales. Cada uno contará con protección de corte general con termomagnético y diferencial. Contará con 2 tomas monofásicos de 10A, 2 tomas industriales 2P+T de 16 Amperes y 2 tomas trifásicas (3P+T) de 16A.

Todas las instalaciones estarán puesta a tierra a través de un conductor PE conectado a la barra de tierra del Tablero General, mediante el cable Verde/amarillo provisto en los alimentadores

a.4. Especificación técnica de los Tableros

a.4.1.Finalidad

La presente especificación cubre los requisitos técnicos de construcción, pruebas, transporte y montaje de tableros eléctricos de baja tensión, autoportantes del tipo cerrado, para fijación sobre pavimento o bastidor metálico y adecuados para los siguientes servicios:

- Tableros de potencia
- Tableros de Control de Motores
- Tableros de Tomacorrientes
- Tableros de servicios auxiliares normales

a.4.2.Códigos y Normas

A menos que se especifique lo contrario, los tableros estarán de acuerdo con los siguientes Códigos y Normas:

- Reglamento para Baja Tensión de la Asociación Argentina de Electrotécnicos.
- Normas IEC, en particular IEC 60439-1; IEC 61641; IEC 529; IEC 144; IEC 947
- Sistema Internacional de unidades SI.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

a.4.3.Ámbito de suministro

Esta especificación forma parte integrante de la correspondiente requisición del tablero y su equipamiento. Las características de las distintas utilidades se detallarán en la solicitud del material y documentos anexos a esta especificación.

El número de paneles que formen el tablero será definido por el suministrador en base al equipamiento que se precise en cada caso.

Constituye parte integrante del suministro lo siguiente:

- Verificación final y ensayos en los talleres del fabricante.
- Suministro de los materiales necesarios para realizar las interconexiones en obra de los circuitos y entre las distintas secciones del tablero, que por exigencias de transporte sea necesario fraccionar.
- Bastidor (Si se requiere).
- Montaje en obra (Si se requiere).
- Supervisión de montaje (Si se requiere).
- Verificaciones en el emplazamiento final (Si procede).
- Puesta en servicio (Si se requiere).
- Entrega de documentación (Especificaciones de componentes, protocolos de ensayos, planos, etc.).

a.4.4.Condiciones de Servicio

Los tableros serán aptos para instalar en el exterior y en las siguientes condiciones:

- | | |
|--|--------------------|
| • Altitud S.N.M. | hasta 2.500 mts. |
| • Temperatura máxima | 45° C |
| • Temperatura mínima | - 25° C |
| • Temperatura media diaria | 20° C |
| • Humedad relativa máxima | 100 % a 20° C |
| • Humedad relativa mínima | 10% a 40° C |
| • Grado de contaminación | 3 según UNE 60.439 |
| • Variaciones de tensión a frecuencia nominal: $\pm 7\%$ | |

- Variaciones de frecuencia a tensión nominal: $\pm 5\%$
- Frecuencia: - 5%, + 2%

a.4.5.Grado de Protección

El cerramiento externo del cuadro asegurará un grado de protección contra la introducción de cuerpos sólidos y agua no inferior a IP54

Cuando los interruptores extraíbles o elementos funcionales estén en situación de seccionados o extraídos, se impedirá el contacto directo, no intencional, con las partes fijas en tensión.

El fondo posterior, techo y zona de entrada de cables serán completamente cerrados.

a.4.6.Características Nominales y de Servicio

Juego de barras (si aplica):

- | | |
|---------------------------------|-------------------|
| • De servicio | < 690 V |
| • De aislamiento | 1.000 V |
| • Soportada al impulso | 12 kv. |
| • De ensayo dieléctrico a 50 Hz | 3.500 V, 1 minuto |
| • Categoría de sobretensión | IV |

Equipamiento y cableado:

- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| • De servicio | < 690 V |
| • De empleo | 380 ó 500 V. 50 Hz. |
| • De aislamiento | 690 V |
| • Soportada al impulso | 8 kv. |
| • De ensayo dieléctrico a 50 Hz | 3.000 V, 1 minuto |
| • Categoría de sobretensión | IV |

Para el circuito de control:

- | | |
|---------------|---------|
| • De servicio | > 300 V |
|---------------|---------|

- | | |
|---------------------------------|-------------------|
| • De empleo | La requerida |
| • De aislamiento | 750 V |
| • Soportada al impulso | 6 kv. |
| • De ensayo dieléctrico a 50 Hz | 2.500 V, 1 minuto |
| • Categoría de sobretensión | IV |

a.4.7.Intensidad asignada

Las intensidades asignadas a embarrados y componentes serán las requeridas en cada caso.

Las barras generales estarán dimensionadas, como mínimo, para la intensidad asignada al interruptor de acometida.

En la ejecución del tablero no se tendrá en cuenta la acción limitadora de cualquier elemento de corte (interruptor, relé o fusibles) sobre la intensidad de cortocircuito.

Las acometidas y salidas estarán dimensionadas, como mínimo, para la intensidad asignada de los correspondientes interruptores o bases portafusibles, independientemente del valor de tarado de los relés o calibre del fusible respectivamente.

a.4.8.Intensidad de cortocircuito

La intensidad asignada de corta duración especificada en cada caso, no será inferior a:

- | | |
|------------------------|-------|
| • Tableros Principal | 25 kA |
| • Tableros Tomas | 10 kA |
| • Tableros Iluminación | 10 kA |

Siempre que no se indique otra cosa, la duración de la intensidad de cortocircuito especificada será de un (1) segundo, sin que durante este tiempo, por efecto de la solicitud térmica y dinámica, se produzcan daños ni deformaciones permanentes en los distintos elementos.

Cada compartimento o cubículo y el equipamiento que contiene, deberá ser capaz de soportar un cortocircuito, sin que ello afecte a los cubículos adyacentes.

a.4.9. Compatibilidad Electromagnética

Cuando los tableros incorporen equipamiento electrónico, se deben satisfacer las exigencias de inmunidad y de emisión de la Norma IEC (IEC 1.000) correspondiente.

a.4.10. Riesgos de incendios

Los materiales estarán elegidos de manera que reduzcan la probabilidad de incendio aún en caso de una utilización anormal previsible, un funcionamiento defectuoso o una avería. El objetivo práctico es impedir una ignición debida a un componente eléctrico bajo tensión; sin embargo, si se producen la ignición y el incendio, conviene controlar éste en el interior de los límites del recinto donde se encuentra el defecto.

Atendiendo a lo anterior, se intentará reducir el impacto de los daños debidos al fuego, limitando en lo posible su propagación, y reduciendo al máximo la producción de humos tóxicos.

En consecuencia, se elegirán materiales autoextinguibles, no propagadores de la llama y que tengan características de emitir cantidades nulas o mínimas de efluentes potencialmente peligrosos como son los gases halogenados.

Por motivos de seguridad se diseñará el tablero y sus componentes con distancias de aislamiento y líneas de fuga como mínimo para cumplir como si se tratara grado de contaminación 4.

a.4.11. Características Constructivas

El/ los tableros de potencia (TP), tendrán separación interior por medio de pantallas o tabiques metálicos para obtener las condiciones de seguridad requeridas:

- Protección contra los contactos directos.
- Limitación del riesgo de formación de arcos de defecto.
- Protección contra el paso de cuerpos sólidos extraños de una unidad del tablero a otra unidad adyacente.

El conjunto del tablero responderá a la forma 4, con tabiques de separación entre terminales para conexión de conductores exteriores de fuerza, para conseguir:

- Separación de los juegos de barras principales (horizontales) y de distribución (verticales) de las unidades funcionales y de los terminales para conductores externos.
- Separación de todas las unidades funcionales entre sí. Los gases desprendidos por los elementos de corte y protección no comprometerán el funcionamiento de las unidades funcionales en los compartimentos adyacentes.
- Separación de los terminales para conexión de conductores externos de las unidades funcionales y de los juegos de barras.

El compartimento que contiene los terminales para conductores exteriores de fuerza, estará situado en la parte posterior del tablero.

Los tableros se proveerán completamente montados de forma que en su emplazamiento solamente sea necesario ajustar los equipos y conectar los circuitos de entrada y salida de cables.

Las acometidas podrán ser mediante cables tipo subterráneos de cobre, aislados en XLPE.

Las barras estarán aisladas y dimensionadas de acuerdo con las condiciones generales de esta especificación.

La entrada de cables de fuerza y control será por la parte inferior del compartimento habilitado para tal fin, disponiéndose una chapa desmontable y partida, de forma que una vez conectados todos los cables se pueda fácilmente sellar el acceso para evitar entrada de roedores y/o protección contra el fuego, según convenga. En caso de cables unipolares dicha chapa será amagnética.

Toda la tornillería, bulones, tuercas y arandelas de acero serán cadmiados o cincados.

Se deberá prever igualmente un tratamiento anticorrosivo para todas las partes no pintadas, salvo que estas partes sean elementos móviles, en cuyo caso deberán ir debidamente engrasadas o disponer de los elementos de corredera adecuados.

Cada columna o panel tendrá una estructura fabricada en perfiles de hierro o chapas reforzadas, preferentemente soldada, para formar una unidad compacta, de forma que el

conjunto resista sin deformarse los esfuerzos máximos previstos y sin que se transmitan vibraciones.

Será lo suficientemente robusta como para impedir que la eventual deformación originada en una cabina o cubículo se propague a las adyacentes. Igualmente permitirá la introducción o extracción de los elementos de corte o carros guardamotores sin que se produzcan deformaciones ni vibraciones.

Sin que se produzcan roturas o deformaciones permanentes de la estructura mecánica o deterioro de los circuitos eléctricos fijos, será posible:

- La elevación por medio de cáncamos de suspensión que el fabricante dispondrá en cada unidad de transporte.
- El desplazamiento sobre rodillos de las varias secciones transportadas, para la colocación y ensamblaje del cuadro en el interior de la subestación.

La chapa o los perfiles de cada columna llevarán en la base mojoneros para el anclaje del tablero al piso o a la bancada que oportunamente se disponga.

Las puertas de acceso a los distintos compartimentos (corte principal, bornes, relés, etc.) serán suficientemente robustas para soportar el peso de los aparatos fijados en ellas, sin que se produzcan alabeos ni deformaciones con la puerta totalmente abierta.

Las puertas dispondrán de dispositivos de cierre rápido, fácil y seguro, tipo manillón o similar, y llevarán una junta de neopreno o similar.

La chapa a emplear tendrá un espesor mínimo de 2 mm. para la estructura y 1,5 mm. para los cerramientos y puertas de acceso.

En estos compartimentos se dispondrán los soportes adecuados y convenientemente situados para el amarre de los cables exteriores de fuerza.

Entre los terminales de fuerza se dispondrán separadores aislantes.

El cable a emplear será flexible, tensión de aislamiento 750 V.

Todo el cableado se situará de forma tal y se protegerá de manera que no pueda ser dañado por los gases de las cámaras de soplado, empleándose canaletas de plástico ventiladas, de

las mismas características requeridas para el cableado y utilizadas como máximo al 80% de su sección útil.

Las canaletas responderán, en su comportamiento frente al fuego de acuerdo a normas. Además, tendrán una rigidez dieléctrica superior a 240 KV/cm.

El cableado se hará estrictamente de acuerdo con los esquemas de control contractuales, debiendo estar señalizados los extremos con anillos de identificación y numerados con los esquemas de cableado, con indicación de procedencia y destino.

Los cables entre partes fijas y móviles serán agrupados formando mazos flexibles y protegidos mecánicamente.

Siempre que un cable o mazo de cables atraviese partes metálicas será debidamente protegido.

Las secciones mínimas de cable a emplear serán:

- Circuitos de fuerza de 4 mm²
- Circuitos de mando de 1,5 mm²
- Circuitos de señalización de 1,5 mm²
- Circuitos de intensidad derivados de transformadores de intensidad de 4 mm²

Todo el cableado se completará hasta las regletas de terminales en el taller del fabricante.

Todos los aparatos estarán identificados de forma indeleble con el símbolo que lo representa en el esquema funcional.

Todos los circuitos auxiliares irán equipados con dispositivos de conexión y protección termomagnética con contactos auxiliares.

Los aparatos estarán situados de forma que las influencias mutuas, choques, vibraciones, campos de energía, etc., no afecten a su buen funcionamiento.

Todos los instrumentos de control y mando se situarán de forma visible y accesibles desde el frente del tablero.

Todos los terminales de conexión serán fácilmente accesibles y visible su identificación.

Los circuitos de control, señalización y mando serán independientes para cada unidad funcional y estarán protegidos con interruptores termomagnéticos selectivos o fusibles, según lo requerido en cada caso. Se preferirá el empleo de termomagnéticos.

Los fusibles serán modulares seccionables con indicación de fusión, montados sobre base aislada de material autoextinguible.

Los interruptores tendrán contacto auxiliar, cuando sea requerido.

Los portalámparas se montarán sobre la puerta, no serán sensibles a las vibraciones y se podrá sustituir la lámpara desde el frente sin mover el portalámparas.

Las lámparas serán de larga vida, tipo multiled.

El color de la pintura será, en general, gris claro RAL-7032.

Las excepciones a este punto estarán señaladas en la requisición correspondiente.

A título orientativo se detalla seguidamente un procedimiento, que puede servir como patrón para fijar unas bases aceptables.

- La materia fundamental (chapa blanca), es sometida a desengrase y fosfatado por aspersión a 45º C. Seguidamente, las piezas pasan a un túnel de secado, donde se elimina la humedad.
- A continuación, las piezas son recubiertas de polvo epoxy en una cabina de pintura automatizada.
- Finalmente, las piezas recubiertas de polvo entran en un túnel de curado a 180º C donde se consigue la polimerización, alcanzando una dureza notable.
- El espesor medio, que se considera suficiente para la mayoría de los casos, es de 70 micrones, si bien este valor puede variar en casos excepcionales.

Durante la construcción del tablero, el fabricante permitirá el acceso a sus talleres al personal encargado de la inspección, al objeto de comprobar la marcha y estado de los trabajos realizados. La inspección no exime al fabricante de su garantía o responsabilidad en cuanto a suministrar equipos satisfactorios acordes con los códigos y Normas citados en esta especificación.

Todos los ensayos de recepción serán presenciados, salvo indicación en contra, por el inspector técnico. o personal autorizado. En ningún caso, el resultado de la inspección final releva al fabricante de su responsabilidad.

La aceptación del tablero, no releva en modo alguno al fabricante de su responsabilidad frente a las pruebas definitivas que deberán ser ejecutadas en el lugar de la instalación y en condiciones normales de funcionamiento.

Antes de efectuar los ensayos de aceptación en los talleres del fabricante, el tablero deberá estar completo de todos sus accesorios, perfectamente ensamblado y cableado.

Los ensayos de aceptación serán anunciados al menos con diez días de antelación, que deberá dar su aceptación al inicio de los mismos.

Con anterioridad a la realización de las pruebas finales, el fabricante deberá haber realizado sus ensayos y comprobaciones de rutina con resultado satisfactorio.

Si en el momento anunciado para realizar los ensayos finales de aceptación éstos no pudieran llevarse a cabo por causas imputables al fabricante o el resultado fuera negativo como consecuencia de no haberse realizado las comprobaciones previas, los gastos correspondientes al desplazamiento del técnico de correrán por cuenta del fabricante.

El fabricante deberá garantizar el tablero y los equipos que lo componen contra todo defecto de fabricación y/o montaje durante 12 meses a partir de la puesta en servicio, pero sin sobrepasar los 18 meses desde la fecha de entrega.

Si apareciera algún defecto durante el periodo de garantía, el vendedor está obligado a efectuar todas las modificaciones, reparaciones o sustituciones necesarias, libres de cargo, incluyendo mano de obra y desplazamiento.

Junto con la oferta el PROVEEDOR deberá facilitar la documentación que se cita y en la cantidad solicitada, así como copia de todos los certificados requeridos en esta especificación.

- Plano preliminar de dimensiones y disposición general (planta, alzados y secciones) con indicación de distancias mínimas de separación entre equipos.

- Características detalladas de todos los elementos, incluyendo especificaciones, catálogos y hojas de datos.
- Esquemas de control.
- Certificados de ensayo de prototipo homologados.
- Lista completa valorada y detallada de piezas de repuesto.
- Plano de anclaje con indicación de cargas.
- Lista de materiales.
- Planning de fabricación.

Luego de la entrega será entregada la documentación requerida en la forma y cantidad especificada en la requisición del material.

Se emitirán planos finales recogiendo todos y cada uno de los comentarios incorporados en fase de diseño hasta la entrega del equipo en los talleres del fabricante.

Cualquier modificación que pudiera incluirse durante las pruebas de aceptación definitiva, antes de la entrada en servicio del cuadro en las instalaciones, será reflejada en la documentación final con la indicación “según realizado” (AS BUILT).

Con el tablero se enviará un juego completo de planos en papel y otro en soporte magnético (autocad 2018).

Documentación:

- Plano de disposición general (planta, alzados y secciones) con indicaciones de dimensiones generales y distancias mínimas de separación entre equipos.
- Características detalladas de todos los elementos instalados, incluyendo catálogo, hoja de datos, instrucciones de puesta en servicio, etc.
- Esquema unifilar.
- Esquemas de control definitivos.
- Plano de anclaje con indicación de cargas.
- Plano de la placa de características.
- Esquemas de cableado.
- Lista de materiales completa y definitiva.

- Instrucciones de montaje, manejo y mantenimiento.
- Planning de fabricación.
- Instrucciones para el transporte y almacenaje.
- Certificados de ensayo.
- Certificados de control de calidad.
- Manuales de los relés de protección en español.
- Justificación de la selectividad entre interruptores

a.4.12. Arrancadores de Motores

Los circuitos para arranque de motores podrán ser:

- Con interruptor automático equipado con todos los elementos de protección indirectos y accesorios de control y maniobra.
- Con interruptor de caja moldeada desenchufable, con solo relé magnético (termomagnético si se requiere) y contactor de maniobra equipado con relé térmico.
- Con seccionador de corte en carga, fusibles ACR y contactor de maniobra equipado con relé térmico. Esta solución requiere la autorización.
- Con guardamotor y contactor
- Con guardamotor y arranque suave o variador de velocidad que incorporen funciones de corte y protección contra sobrecarga

Los interruptores automáticos tendrán categoría de empleo A. El poder asignado de corte de servicio (Ics), no será inferior a 25 kA.

La coordinación entre elementos será del “Tipo 2”, según IEC 947-4.

Los interruptores automáticos y relés magnéticos asociados protegerán totalmente el motor y el 100% de la longitud del cable.

Los relés magnéticos permitirán seleccionar una intensidad de tarado comprendida, como mínimo, entre 8 y 16 veces la corriente asignada del motor correspondiente.

Los seccionadores serán de doble ruptura, apertura rápida, capaz de conectar y cortar 1,45 veces la intensidad de arranque a plena carga, limitada por la acción del fusible. La maneta

de accionamiento estará en el frente del cubículo con posibilidad de enclavamiento en posición abierto. Su empleo requiere la aprobación.

Los contactores serán electromagnéticos del tipo antichoque, para servicio pesado con arranque directo, categoría de empleo AC 3.

La corriente asignada de empleo del contactor para categoría AC3, no será inferior al 135% de la del motor que acciona, ni tendrá una duración eléctrica menor de 200.000 maniobras para una categoría de empleo mixta AC 4/AC 3 (30% AC 4, 70% AC 3 y una corriente de corte en el arranque $I_c = 8 I_e$).

Cuando el arrancador sea para servicio intermitente se indicará en la especificación técnica la clase de servicio, según el ciclo de maniobras por hora requerido.

Salvo indicación en contrario los relés serán térmicos de tipo electrónico, en ejecución tripolar diferencial, y protegerán el motor contra las sobrecargas y desequilibrio de fases. Tendrán compensación de temperatura ambiente hasta 60° C y dispondrán de rearme manual y automático.

La gama de regulación se elegirá de forma que los límites del umbral de tarado comprendan la intensidad nominal y un 20% por encima de ella.

Fusibles ACR, característica lenta, de cuchillas, con placas separadoras.

El calibre de los fusibles deberá permitir el arranque del motor, de forma que a rotor bloqueado actúe el relé térmico.

a.4.13. Aparatos de mando

Se dispondrán los elementos de mando sobre la puerta, de forma accesible desde el frente y perfectamente diferenciados los que correspondan a distintas utilidades.

Para el mando de interruptores automáticos asociados al accionamiento de motores “en tableros de potencia”, se dispondrá un selector con las siguientes funciones:

- Control automático: Será operable el equipo de acuerdo al automatismo propio de la planta

- Control local: Será operable únicamente desde el propio tablero o el mando local que se defina.
- Mantenimiento: Será operable solamente el motor desde el tablero principal
- Desconexión: Todo el mando inoperante.

a.5. Puesta a Tierra

Se realizará una malla de puesta a tierra con cable de cobre desnudo de 50mm², alrededor de la platea de la nave tipo reticulada con cuadrícula de 3x3M.

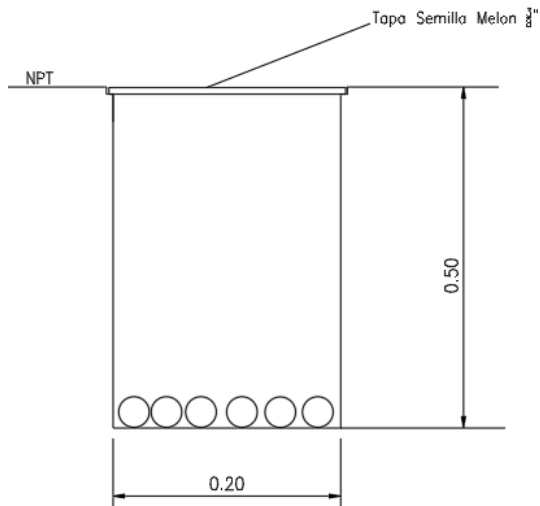
Se vinculará la platea y la estructura de la nave mediante latiguillos que sobresaldrán al pie de cada columna, sea de hormigón o de hierro.

La malla de puesta a tierra se vinculará con la barra principal del tablero principal de la planta y estructuras metálicas mediante un cable de Cu desnudo de 35mm².

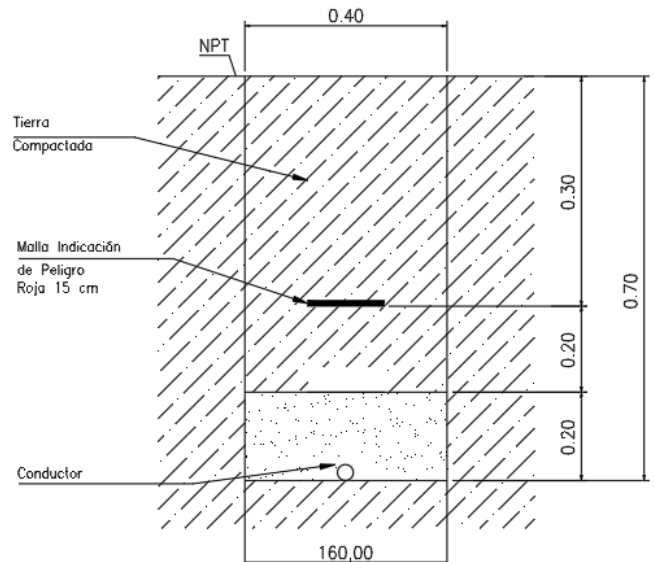
Para la puesta a tierra de los tableros se dispondrá una pletina de cobre desnudo a lo largo de todo el tablero, con una sección mínima de 50 mm². La pletina será capaz de soportar el paso de la corriente máxima de defecto previsto, sin que se produzcan deformaciones permanentes. En cada extremo de dicha pletina se dispondrán unos terminales para conexión del cable de tierra que se especifique. También se dispondrán taladros para conexión de conductores exteriores. Todas las partes metálicas sin tensión y equipos se pondrán a tierra a través de dichas pletinas. Las puertas se pondrán a tierra a través de un cable flexible conectado por medio de terminales cerrados.

Tabla 1: Lista de Cargas de la planta

LISTA DE CARGAS (Etapa 1)												
Rev	TAG	Descripción	Tipo de carga	Paquete	Arranque	Ciclo trabajo	Potencia eje (HP)	Redimiento típico (%)	Potencia eléctrica (kW)	Cos fi (típico)	Tensión (kV)	Corriente (A)
A	B1	Bomba Agitador	Motor	No	DOL	Interm	3	0,8	2,80	0,8	0,4	5,053
A	B2	Bomba Recirculador interna	Motor	No	DOL	Interm	0,65	0,8	0,61	0,8	0,23	3,294
A	B3	Bomba Recirculador	Motor	No	DOL	Interm	1,5	0,8	1,40	0,8	0,4	2,527
A	B4	Bomba espesador	Motor	No	DOL	Interm	1,5	0,8	1,40	0,8	0,4	2,527
A	BT1	Bomba Lodos	Motor	No	DOL	Interm	1	0,8	0,93	0,8	0,4	1,684
A	D1	Cloración	Motor	No	DOL	Interm	0,012	1	0,01	0,8	0,23	0,065
A	S1	Soplador 1	Motor	No	Alimentador	Interm	13,3	0,8	12,40	0,8	0,4	22,403
A	S2	Soplador2	Motor	No	Alimentador	Interm	13,3	0,8	12,40	0,8	0,4	22,403
A	Bri	Bomba de Riego	Motor	No	DOL	Interm	5	0,8	4,66	0,8	0,4	8,422
A	Aux	Circuito auxiliar comando	Aux	No	-	Perm			1,50	0,9	0,23	7,246
A	Tm_1	Tomacorrientes 1	TM	No	Alimentador	Interm			5,00	0,8	0,4	9,032
A	Tm_2	Tomacorrientes 2	TM	No	Alimentador	Interm			5,00	0,8	0,4	9,032
A	IL_Int	Iluminación Interna	Ilum	No	-	Perm			2,50	0,9	0,4	4,014
A	IL_Ext	Iluminación Exterior	Ilum	No	-	Interm			1,00	0,9	0,23	4,831
TOTAL Instalado									51,61	kW		
TOTAL Simultaneo									25,81	kW		



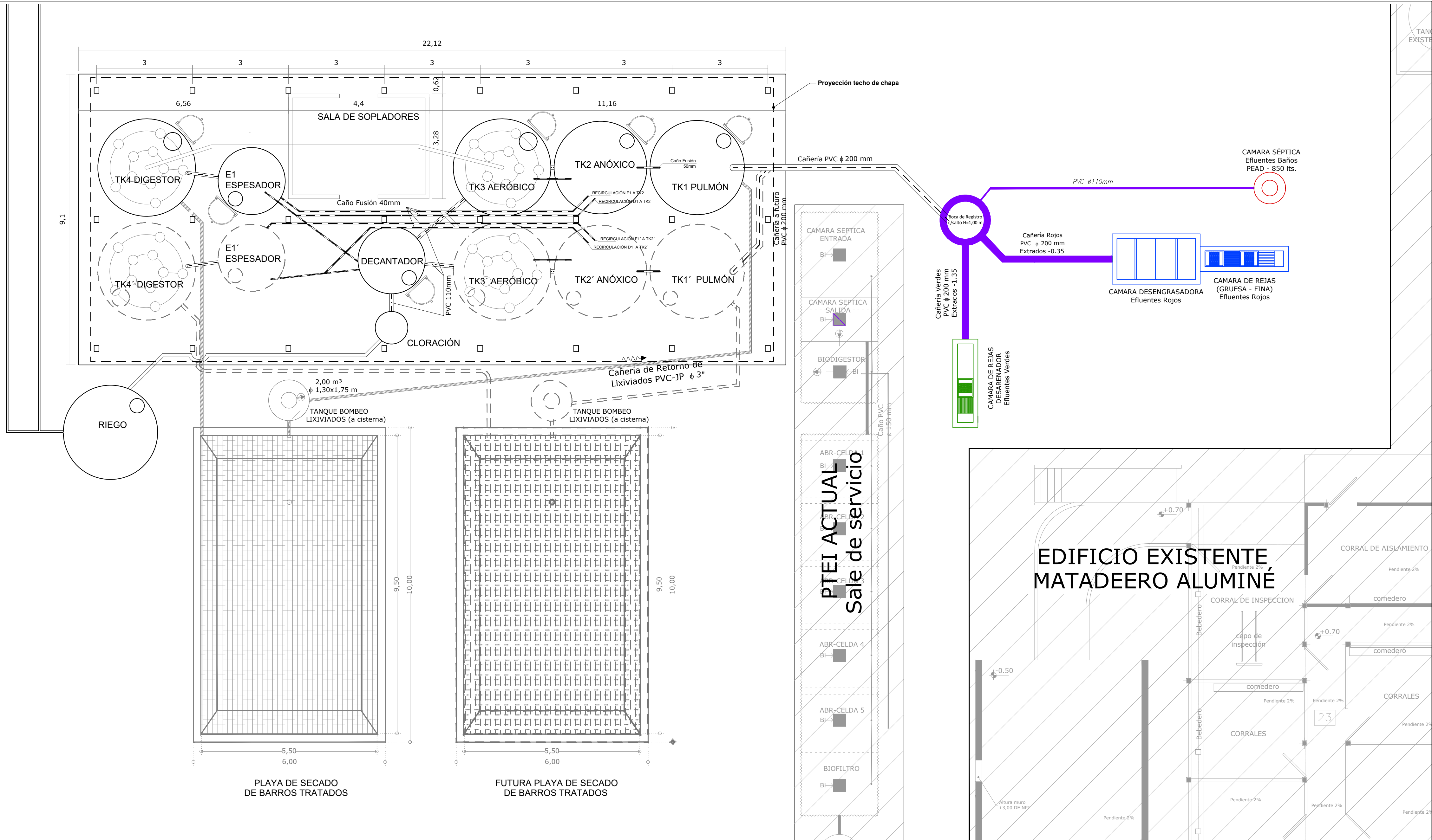
TENDIDO DE CONDUCTORES
En TRINCHERA



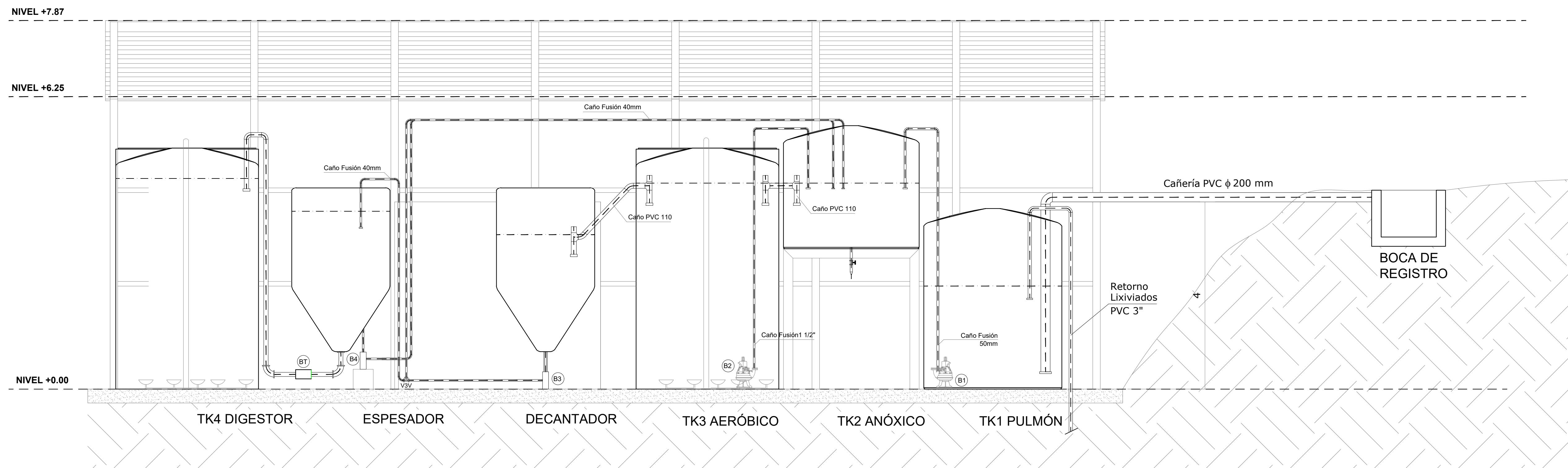
TENDIDO DE CONDUCTORES
SOTERRADOS

Figura 1. Canalizaciones y cableado enterrado

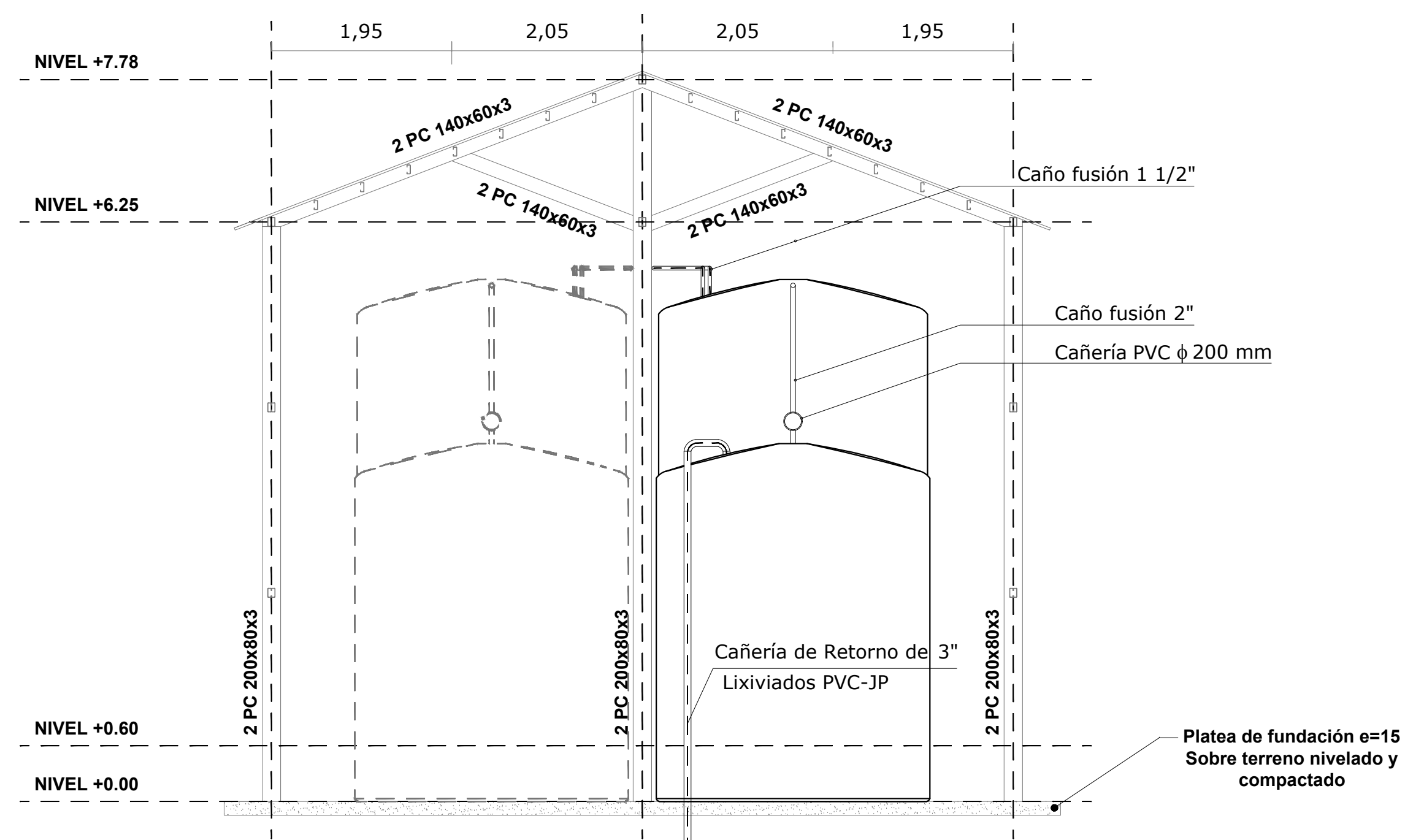
PLANTA
Esc. 1:75



 SINNEU		Codigo: PL-001	Anexo 2
Obra: Matadero Municipal Aluminé		ELABORO: Arq. Fernanda Adad	
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISO: Dra. Marcela Gatti	
Título: Plano General Planta		APROBO: ING. Andrea Pojmaevich	
www.sinneu.com	contacto@sinneu.com	ESCALA 1:100	

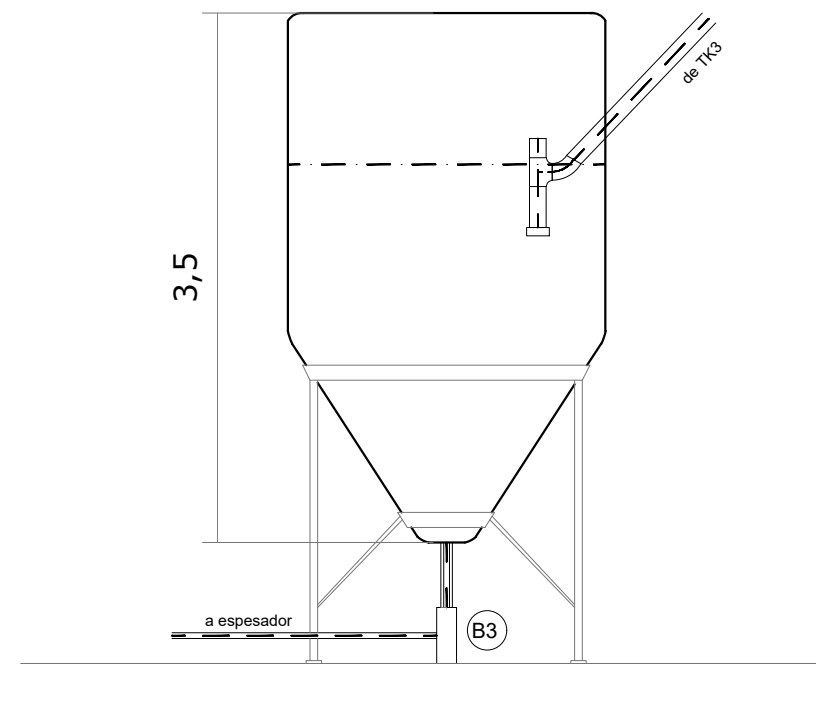


CORTE
Esc. 1:50



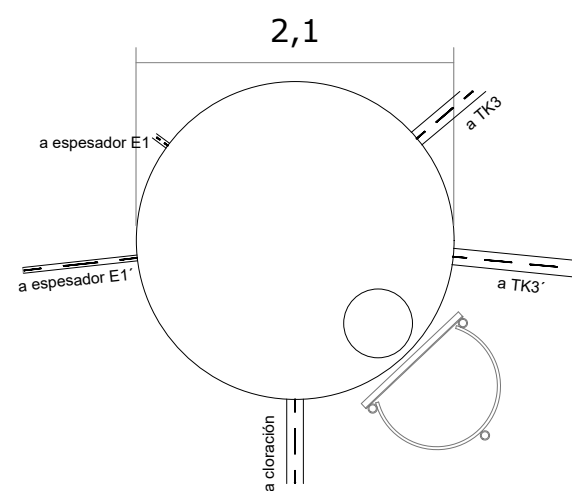
CORTE
Esc. 1:50

	Codigo:	
	PL-002	Anexo 2
	Obra: Matadero Municipal Aluminé	
	Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes	
Título: Corte	ELABORO: Arq. Fernanda Adad	
	REVISO: Dra. Marcela Gatti	
	APROBO: ING. Andrea Pojmaevich	
www.sinneu.com	contacto@sinneu.com	ESCALA 1:100



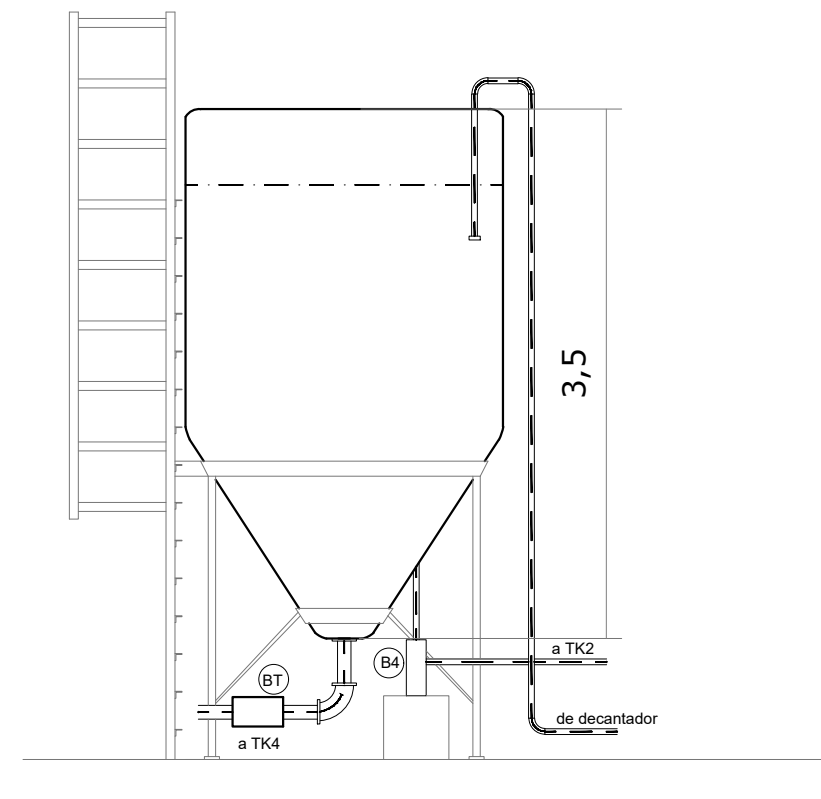
DECANTADOR

CORTE
Esc. 1:50



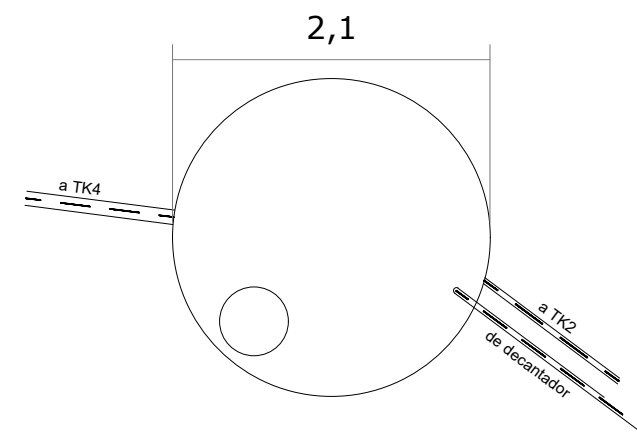
PLANTA
Esc. 1:50

		Codigo:	Anexo 2
		PL-006	
Obra: Matadero Municipal Aluminé		ELABORO:	Arq. Fernanda Adad
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISO:	Dra. Marcela Gatti
Titulo: DECANTADOR		APROBO:	ING. Andrea Pojmaevich
www.sinneu.com	contacto@sinneu.com	ESCALA	1:100



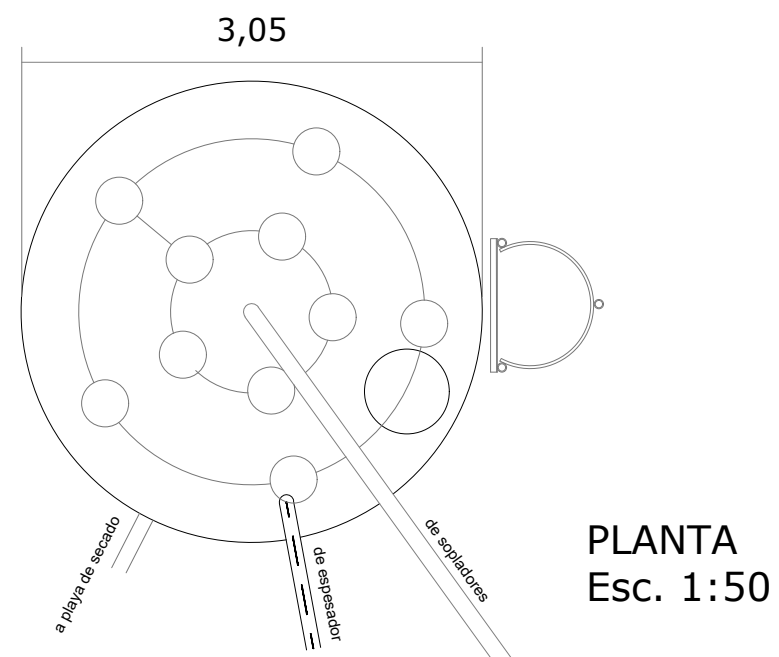
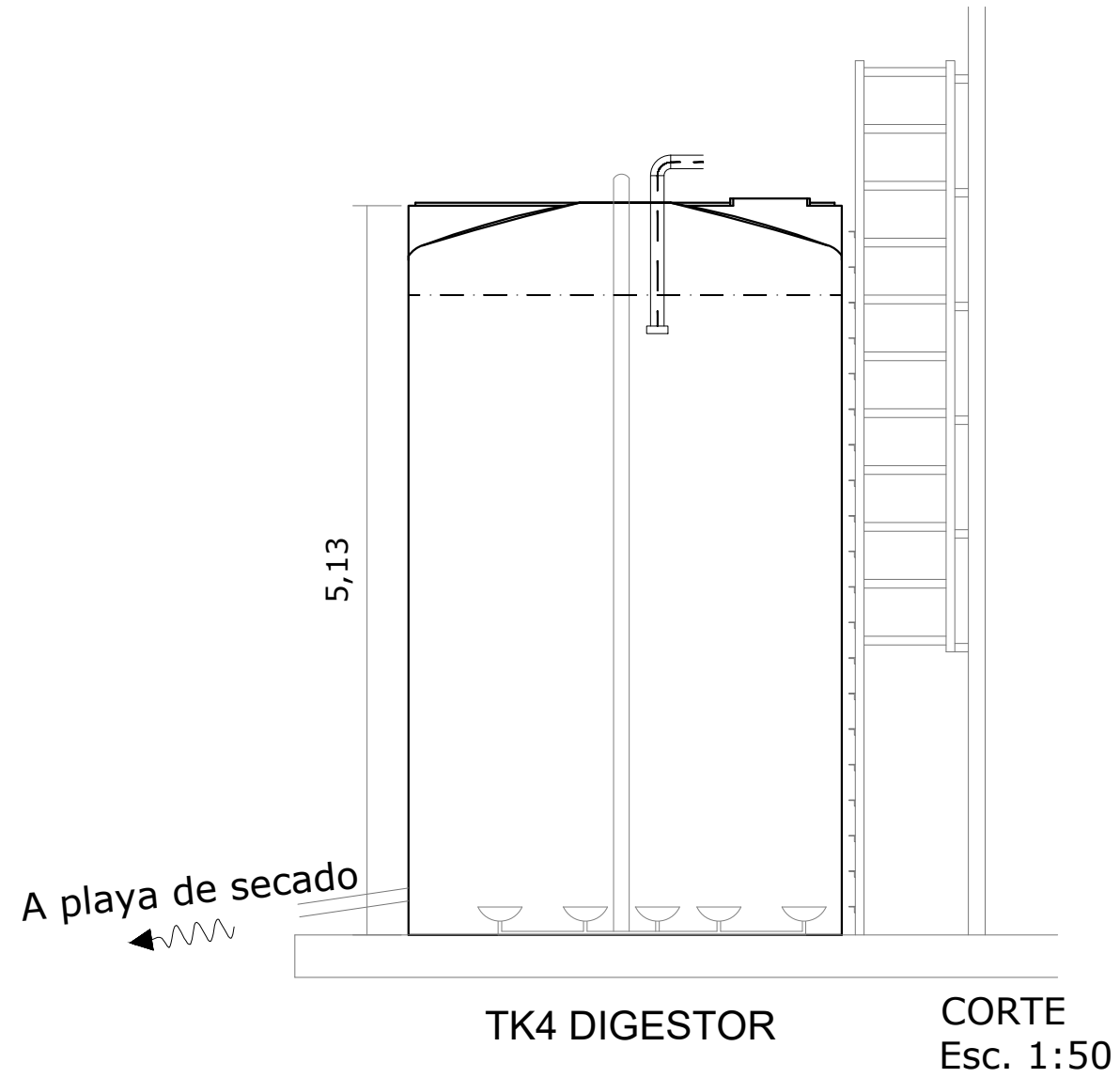
ESPEADOR

CORTE
Esc. 1:50



PLANTA
Esc. 1:50

		Codigo:	Anexo 2
		PL-007	
Obra: Matadero Municipal Aluminé		ELABORO:	Arq. Fernanda Adad
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISO:	Dra. Marcela Gatti
Titulo: ESPESADOR		APROBO:	ING. Andrea Pojmaevich
www.sinneu.com	contacto@sinneu.com	ESCALA	1:100



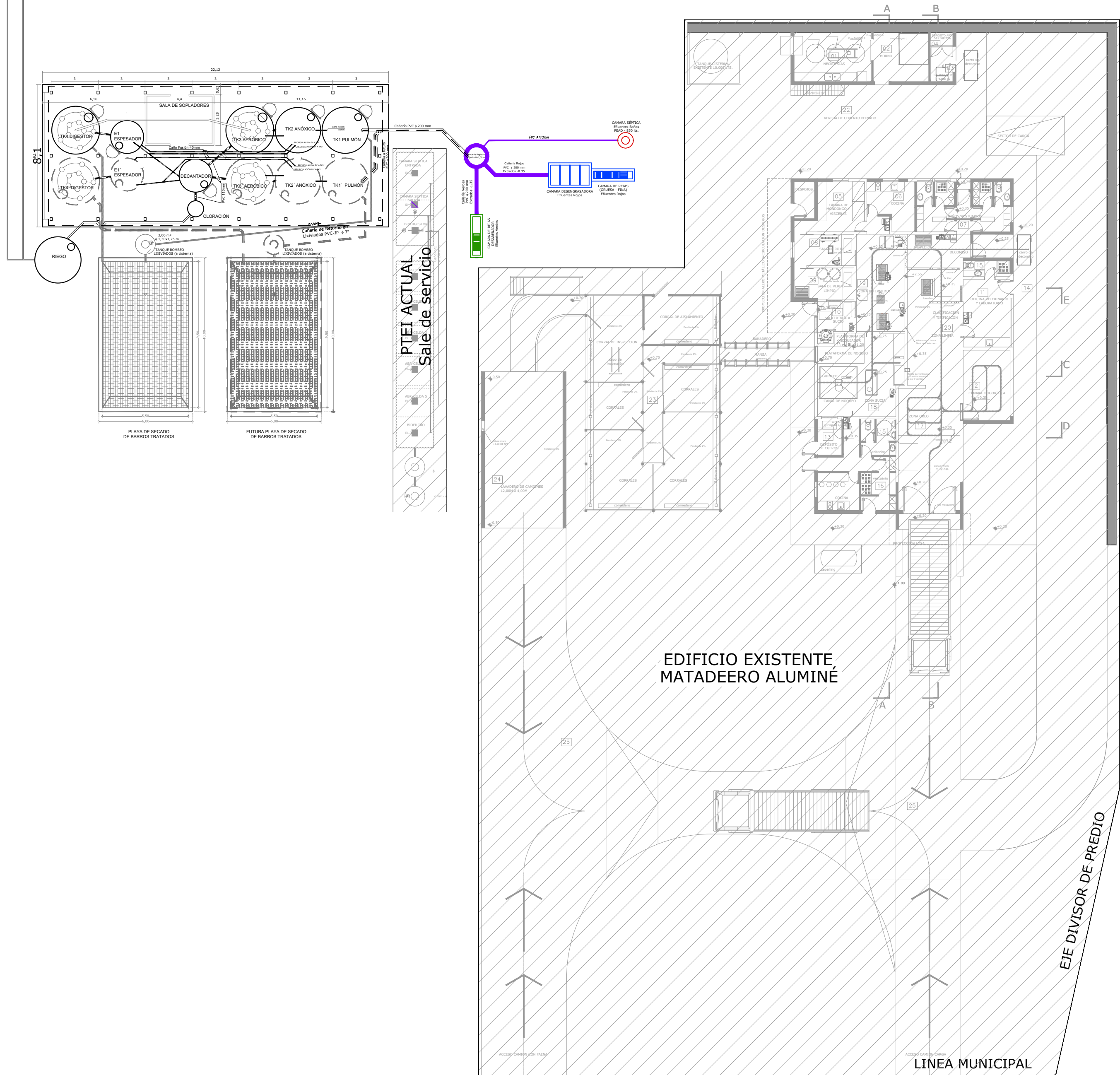
		Codigo:	Anexo 2
		PL-008	
Obra: Matadero Municipal Aluminé		ELABORO:	Arq. Fernanda Adad
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISO:	Dra. Marcela Gatti
Titulo: TK4 - DIGESTOR		APROBO:	ING. Andrea Pojmaevich
www.sinneu.com	contacto@sinneu.com	ESCALA	1:100

100

100

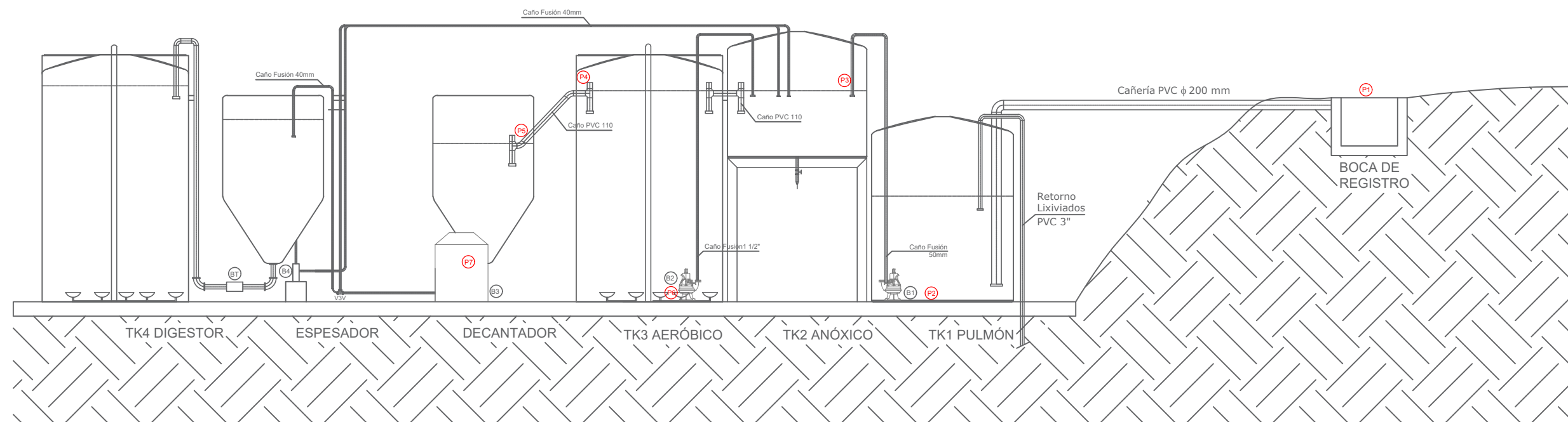
80

100



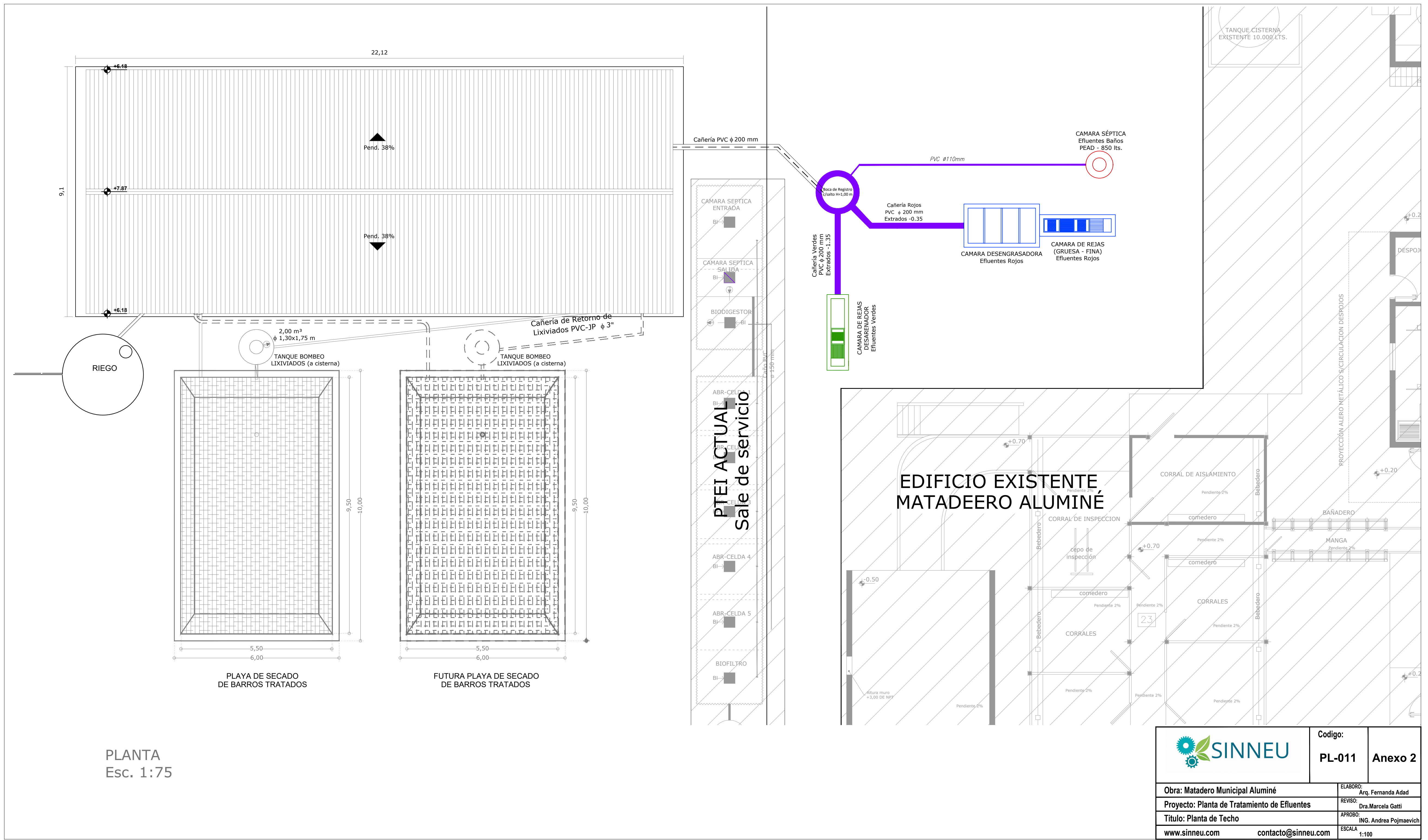
PLANTA
Esc. 1:200

		Codigo:	
PL-009		Anexo 2	
Obra: Matadero Municipal Alumine		ELABORÓ:	Arq. Fernanda Adad
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISÓ:	Dra. Marcela Gatti
Titulo: Plano General Planta y riego		APROBÓ:	ING. Andres Pogonovich
www.sinneu.com		contacto@sinneu.com	ESCALA 1:100

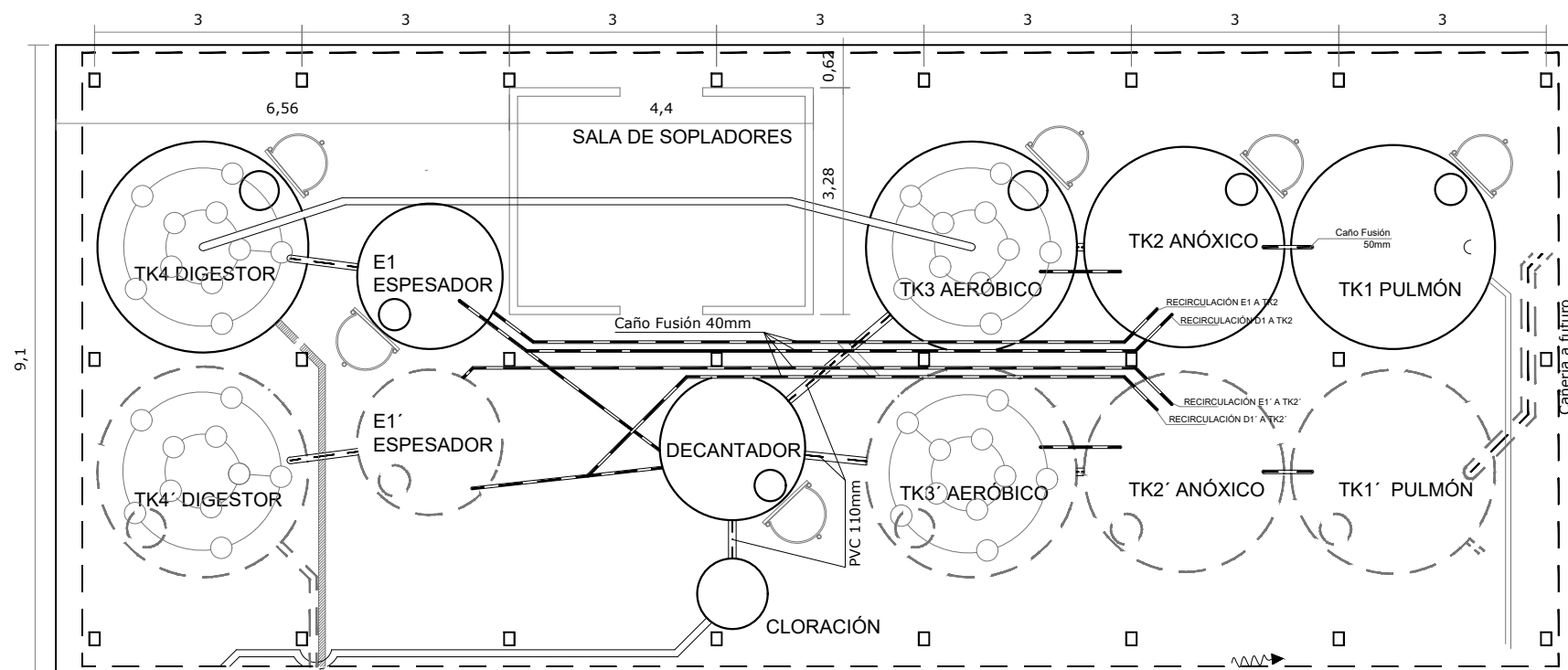


PLANTA
Esc. 1:100

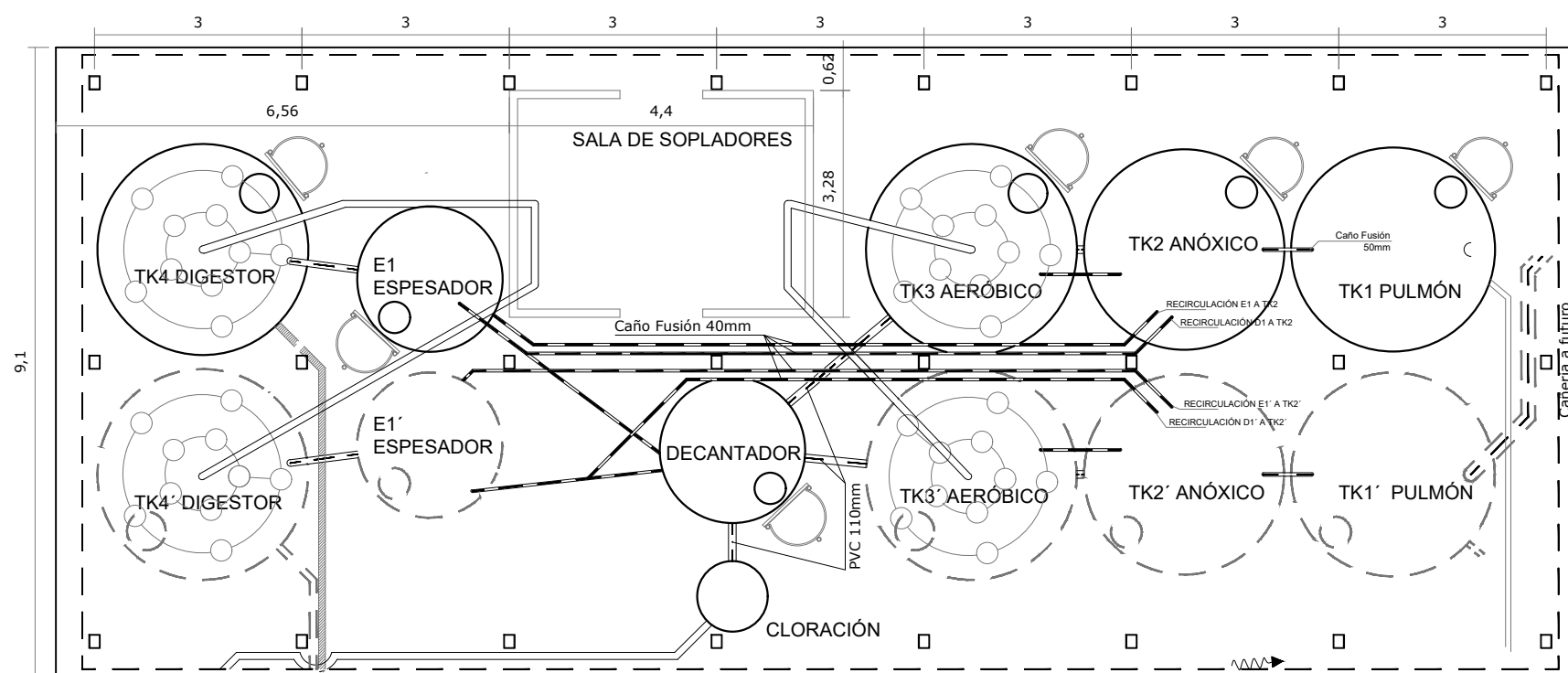
		Codigo:	Anexo 2
		PL-010	
Obra: Matadero Municipal Aluminé		ELABORO:	Arq. Fernanda Adad
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISO:	Dra. Marcela Gatti
Titulo: Perfil Hidráulico		APROBO:	ING. Andrea Pojmaevich
www.sinneu.com	contacto@sinneu.com	ESCALA	1:100



 SINNEU		Codigo:	Anexo 2
		PL-011	
Obra: Matadero Municipal Aluminé		ELABORO: Arq. Fernanda Adad	
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISO: Dra. Marcela Gatti	
Titulo: Planta de Techo		APROBO: ING. Andrea Pojmaevich	
www.sinneu.com	contacto@sinneu.com	ESCALA 1:100	



CONEXIÓN SOPLADORES ETAPA 1
Esc. 1:100



CONEXIÓN SOPLADORES ETAPA 2
Esc. 1:100



Codigo:

PL-012

Anexo 2

Obra: Matadero Municipal Aluminé

Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes

Titulo: CONEXIÓN DE SOPLADORES POR ETAPA

www.sinneu.com

contacto@sinneu.com

ELABORO: Arq. Fernanda Adad

REVISO: Dra. Marcela Gatti

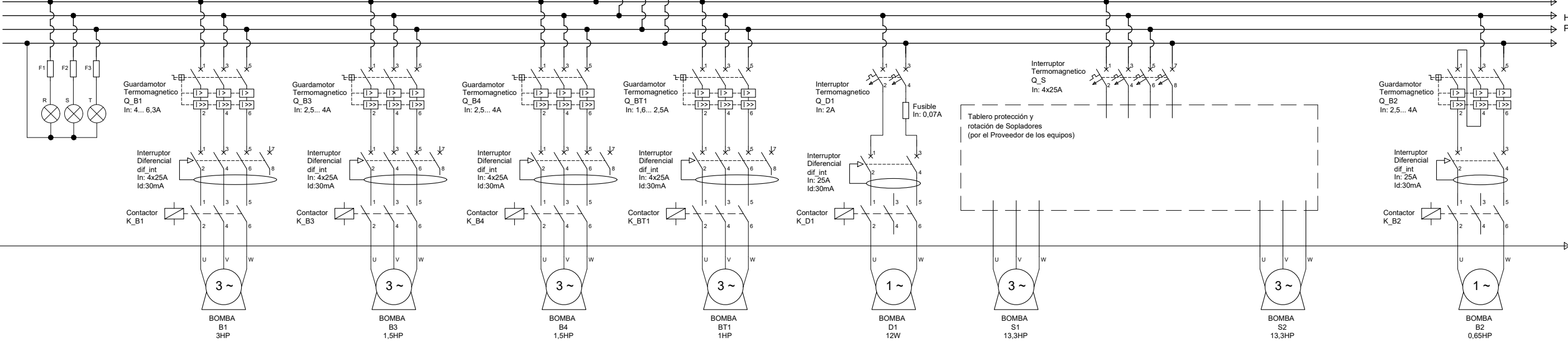
APROBO: ING. Andrea Pojmaevich

ESCALA 1:100

TABLERO PLANTA DE TRATAMIENTO
TS-PT
900x750x300mm IP 54
Ik: 35kA

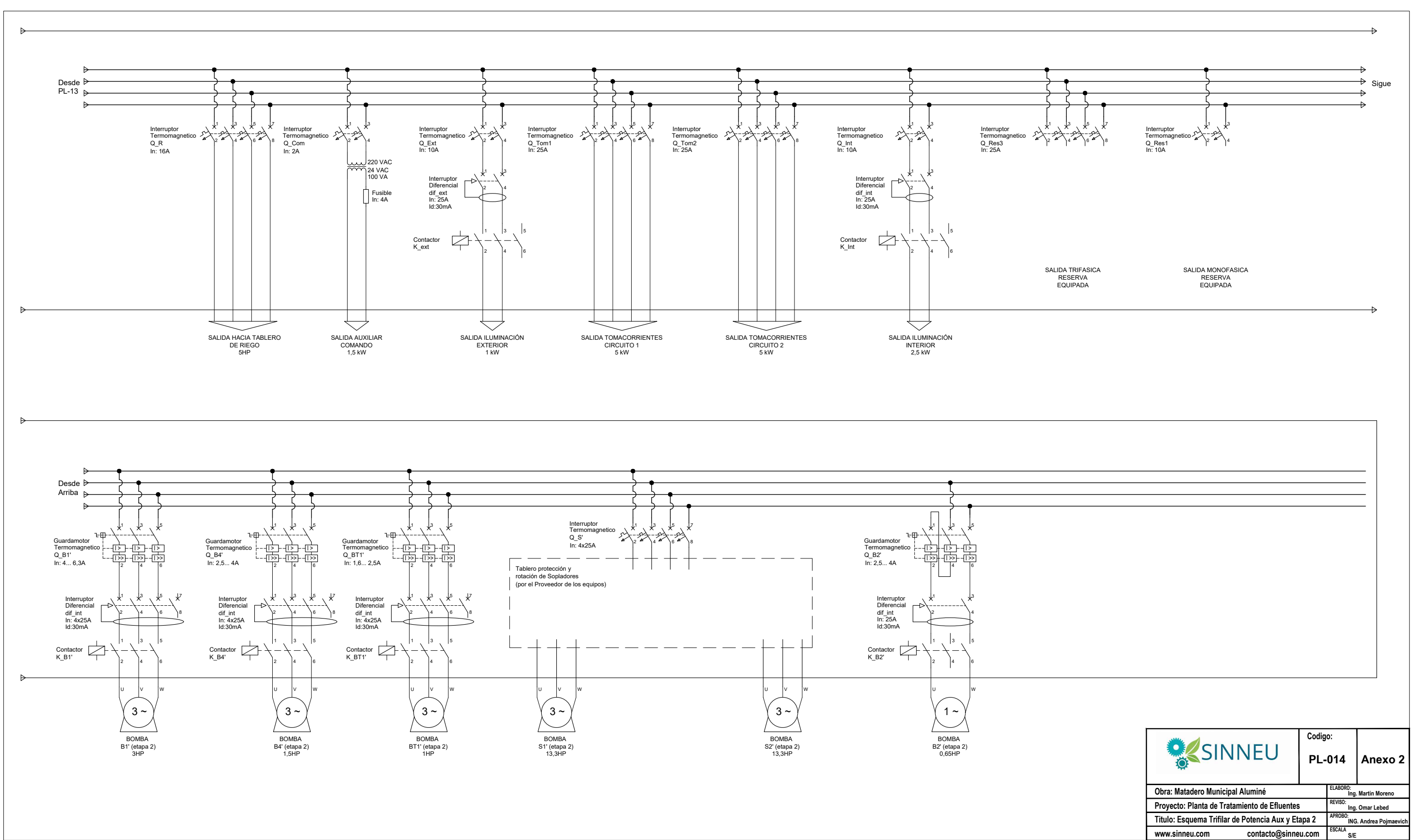
DESDE TABLERO PRINCIPAL
3x380V+Neutro

Interruptor tipo
Caja Moldeada
Corte General
Tablero de Bombas
In=100A

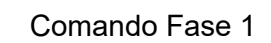


Codigo:
PL-013 **Anexo 2**

Obra: Matadero Municipal Aluminé		ELABORO: Ing. Martin Moreno
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISO: Ing. Omar Lebed
Titulo: Esquema Trifilar de Potencia (Etap 1)		APROBO: ING. Andrea Pojmaevich
www.sinneu.com	contacto@sinneu.com	ESCALA S/E



		Codigo:	Anexo 2
PL-014			
Obra: Matadero Municipal Aluminé		ELABORO:	Ing. Martin Moreno
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISO:	Ing. Omar Lebed
Titulo: Esquema Trifilar de Potencia Aux y Etapa 2		APROBO:	ING. Andrea Pojmaevich
www.sinneu.com		contacto@sinneu.com	ESCALA S/E

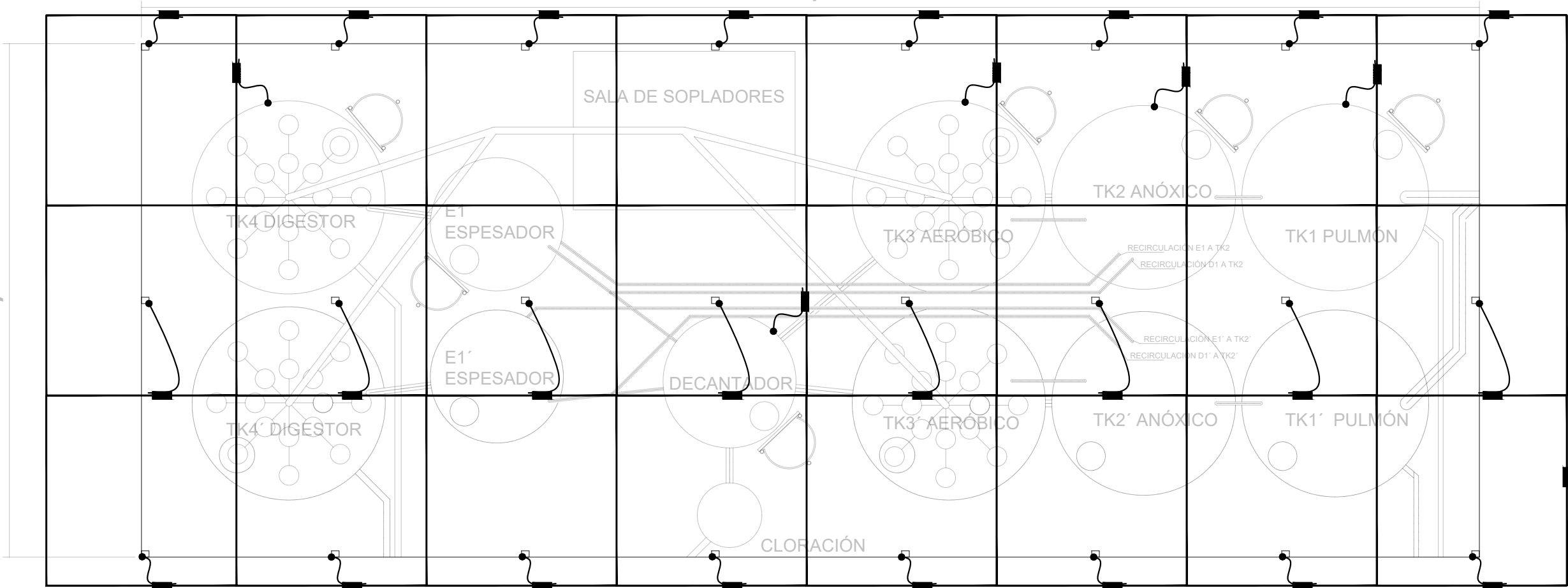


REFERENCIAS ESQUEMA DE COMANDO

	Contacto NA del flotante del tanque "X"; con y=m estado mínimo; y=M estado Máximo
	Contacto NC del flotante del tanque "X"; con y=m estado mínimo; y=M estado Máximo
	Llave selectora de 2 posiciones, simple inversión
	Bobina (24VAC) del Temporizador "xx"
	Retardo a la conexión del Temporizador "xx"
	Bobina (a 24VAC) del Contactor "xx"
	Interruptor termomagnético
	Contacto auxiliar NA del Contactor "xx"

21,12

8,1



REFERENCIAS RED DE PUESTA A TIERRA

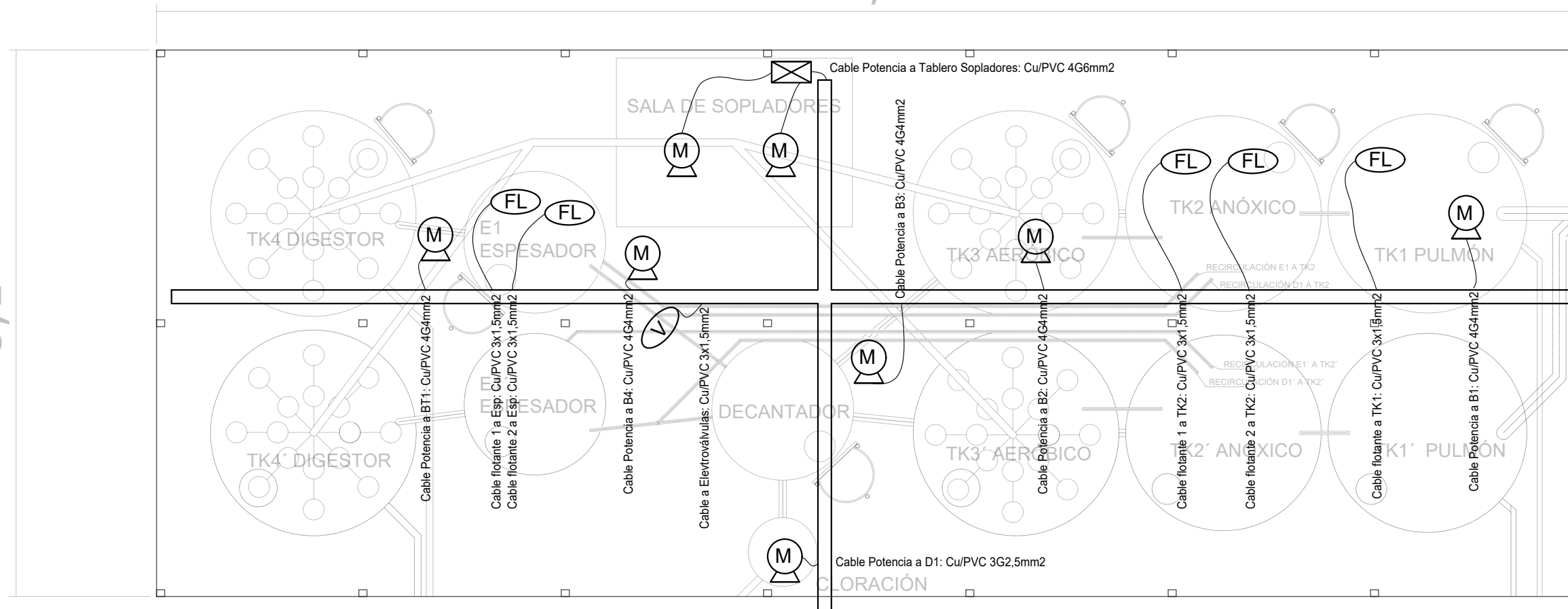
-  Latiguillo de conexión a tierra Cu 35 mm2 desde malla. Compresión "C" 12tn
-  Conexión a bulón y terminal de tanques y estructuras metálicas
-  Malla de puesta a tierra. Medidas externas 24x9M reticulado de 3x3M, cable cobre desnudo 50mm2 soldadura cuproaluminotérmica en las intersecciones

Tablero de Planta

		Codigo:	Anexo 2
PL-016			
Obra: Matadero Municipal Aluminé		ELABORO:	Ing. Martin Moreno
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISO:	Ing. Omar Lebed
Titulo: Puesta a Tierra		APROBO:	ING. Andrea Pojmaevich
www.sinneu.com contacto@sinneu.com		ESCALA	S/E

21,12

8,1



- LISTA DE CABLES. Etapa 1
- Cable Potencia a B1: Cu/PVC 4G4mm2
 - Cable flotante a TK1: Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable Potencia a B2: Cu/PVC 4G4mm2
 - Cable flotante 1 a TK2: Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable flotante 2 a TK2: Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable Potencia a B3: Cu/PVC 4G4mm2
 - Cable flotante 1 a Esp: Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable flotante 2 a Esp: Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable a Electroválvulas: Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable Potencia a B4: Cu/PVC 4G4mm2
 - Cable Potencia a BT1: Cu/PVC 4G4mm2
 - Cable Potencia a D1: Cu/PVC 3G2,5mm2
 - Cable Potencia a Tablero Sopladores: Cu/PVC 4G6mm2

Cables directamente enterrados protegidos con ladrillos

Tablero de Planta

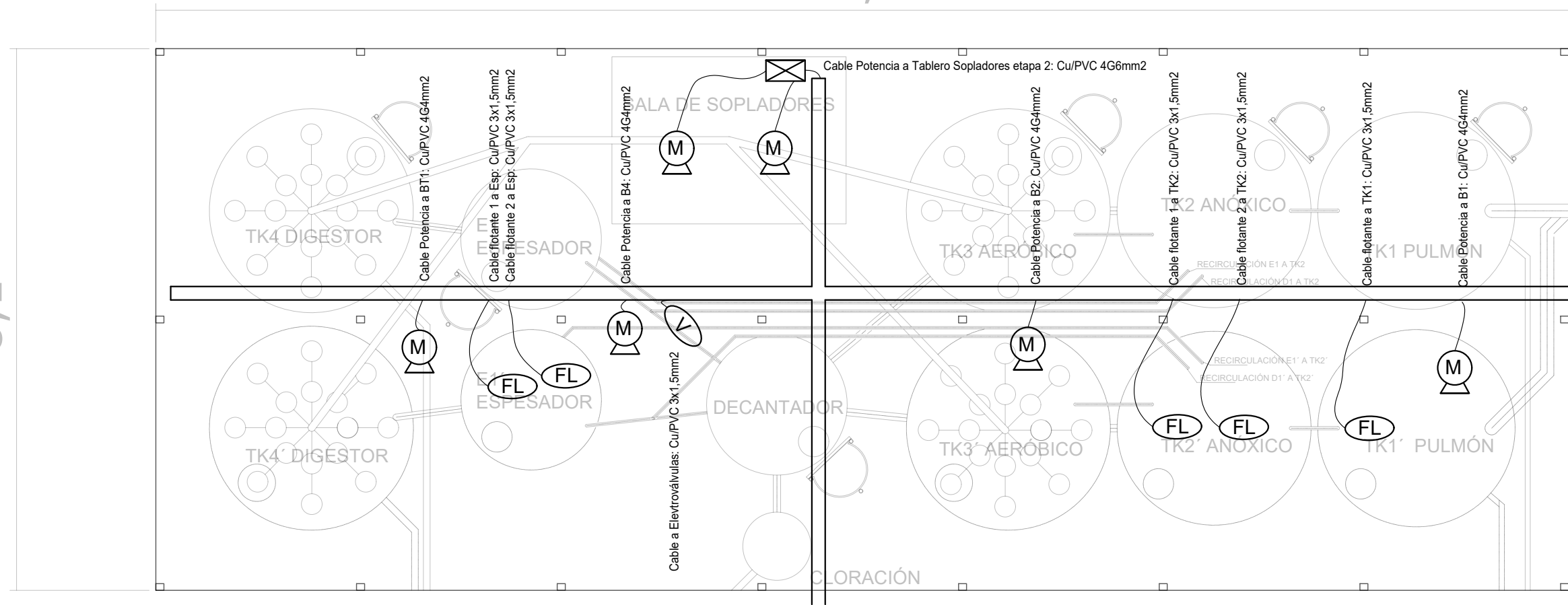
REFERENCIAS LAY-OUT CABLEADO

- Bandeja portacables tipo perforada con tapa ancho 400mm, ala 92
- Acometida a motor/flotante con caño tipo DAISA 1" y accesorios
- Flotante eléctrico p/medición de llenado/vaciado de tanque
- Electroválvulas (2) sobre vías de descarga de la bomba "B3"
- Bomba o equipo eléctrico de potencia
- Tablero de sopladores provisto junto con los equipos

	Codigo:	
	PL-018	Anexo 2
	Obra: Matadero Municipal Aluminé	
	Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes	
Titulo: Lay-Out cableado de potencia (Etapa 1)		ELABORO: Ing. Martin Moreno
www.sinneu.com		REVISO: Ing. Omar Lebed
contacto@sinneu.com		APROBO: ING. Andrea Pojmaevich
		ESCALA: S/E

21,12

8,1



- LISTA DE CABLES. Etapa 2
- Cable Potencia a B1': Cu/PVC 4G4mm2
 - Cable flotante a TK1': Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable Potencia a B2': Cu/PVC 4G4mm2
 - Cable flotante 1 a TK2': Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable flotante 2 a TK2': Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable flotante 1 a Esp': Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable flotante 2 a Esp': Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable a Electroválvul ': Cu/PVC 3x1,5mm2
 - Cable Potencia a B4': Cu/PVC 4G4mm2
 - Cable Potencia a Tablero Sopladores': Cu/PVC 4G6mm2

REFERENCIAS LAY-OUT CABLEADO

- Bandeja portacables tipo perforada con tapa ancho 400mm, ala 92
- Acometida a motor/flotante con caño tipo DAISA 1" y accesorios
- Flotante eléctrico p/medición de llenado/vaciado de tanque
- Electroválvulas (2) sobre vías de descarga de la bomba "B3" (Etapa 2)
- Bomba o equipo eléctrico de potencia
- Tablero de sopladores provisto junto con los equipos

		Codigo:	Anexo 2
		PL-019	
Obra: Matadero Municipal Aluminé		ELABORO:	Ing. Martin Moreno
Proyecto: Planta de Tratamiento de Efluentes		REVISO:	Ing. Omar Lebed
Titulo: Lay-Out cableado de potencia (Etapa 2)		APROBO:	ING. Andrea Pojmaevich
www.sinneu.com	contacto@sinneu.com	ESCALA	S/E