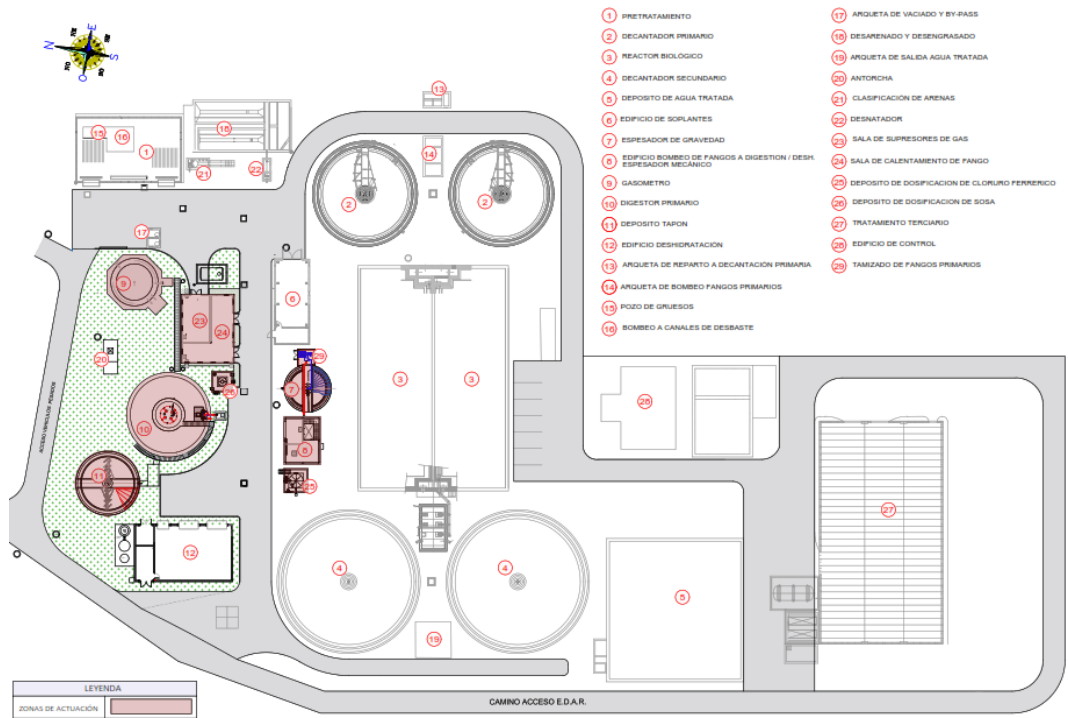




TIPO:

ANTEPROYECTO

TÍTULO:

REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA DE FANGOS DE LA E.D.A.R. EL EJIDO (ALMERIA)

PRESUPUESTO:

2.123.361,07 EUROS

AUTORES DEL PROYECTO:

JORGE IGNACIO PÉREZ PÉREZ

CONSULTOR: ESTUDIOS TECNICOS VICENOR



FECHA DE REDACCIÓN:

MARZO 2023

EJEMPLAR: N° -DE-

CAJA:

DE:

TOMO: ÚNICO

DE:

CONTENIDO DEL TOMO:

MEMORIA Y ANEJOS
PLANOS
PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº1.- MEMORIA.



ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES.....	3
2.	OBJETO	3
3.	DESCRIPCIÓN DE LA EDAR EXISTENTE.....	3
4.	DATOS DE PARTIDA	4
5.	PROPUESTA DE ACTUACIÓN	5
5.1.	ESPESADO DE FANGOS PRIMARIOS.....	5
5.2.	ESPESADO DE FANGOS SECUNDARIOS	6
5.3.	DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE FANGOS	8
5.3.1.	OBRA CIVIL	8
5.3.2.	RENOVACIÓN DE CALDERERÍA	8
5.3.3.	EQUIPAMIENTO MECÁNICO.....	9
5.4.	ACUMULACIÓN DE FANGOS DIGERIDOS.....	13
6.	RESUMEN DE LAS ACTUACIONES A REALIZAR	13
7.	VALORACIÓN DE LAS ACTUACIONES.....	13
8.	DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	13

1. ANTECEDENTES

La EDAR de El Ejido, construida en 2001, es una planta convencional de fangos activos de media carga con estabilización anaeróbica del fango, la cual fue diseñada para el tratamiento de un caudal de aguas residuales de 12459 m³/d.

Tras más de 20 años de funcionamiento, la EDAR se encuentra funcionando por encima de su capacidad de diseño, tratando en la actualidad un caudal medio de 15293 m³/d.

Esta situación está provocando el mal funcionamiento de la EDAR, en especial de la línea de fangos. Los espesadores no poseen capacidad suficiente para concentrar todo el caudal de fangos que se genera actualmente en la EDAR. La etapa de digestión se encuentra fuera de servicio por diversos fallos en su funcionamiento, diseño y construcción, por lo que no se lleva a cabo la estabilización de los fangos, no lográndose consecuentemente una reducción del volumen de fangos tras la estabilización. Esto ha dado lugar en los últimos años a la falta de capacidad de deshidratación en la EDAR, recurriéndose a la adquisición de una centrífuga para desahogar el funcionamiento de los filtros banda, los cuales están recibiendo un caudal de fangos mucho mayor al de diseño.

Con la intención de reducir los consumos energéticos, el Consorcio del Ciclo Integral del Agua del Poniente Almeriense ha instado a la empresa Depuración Poniente Almeriense UTE (explotadora de la EDAR) a determinar y cuantificar las actuaciones a realizar en corto plazo de manera que se permita la puesta en marcha de la digestión anaeróbica, para posteriormente afrontar la cogeneración que permita la generación de energía para su empleo en los distintos procesos de la EDAR.

2. OBJETO

El presente anteproyecto tiene por objeto llevar a cabo los cálculos justificativos y la definición de los equipos y tareas necesarias para llevar a cabo la rehabilitación de la línea de fangos existente de la EDAR actual de El Ejido, así como determinar el presupuesto asociado a dicha actuación.

3. DESCRIPCIÓN DE LA EDAR EXISTENTE

En la actualidad, la línea de fangos de la EDAR consta de las siguientes etapas:

- **Extracción de fangos primarios:** se dispone de una arqueta conjunta para los 2 decantadores primarios existentes, desde la cual se extraen los fangos mediante 1+1R bombas sumergibles de 65 m³/h de capacidad, los cuales son enviados hacia el espesador de gravedad.
- **Extracción de fangos biológicos en exceso:** se realiza desde una arqueta conjunta para los 2 decantadores secundarios existentes mediante 1+1R bombas sumergibles de 35 m³/h de capacidad, los cuales eran enviados a un espesador de flotación, actualmente en desuso. Como consecuencia, los fangos biológicos actualmente son enviados junto con los fangos primarios al espesador de gravedad.
- **Espesador de gravedad:** los fangos primarios son bombeados directamente (sin tamizado previo) hacia 1 espesador de gravedad de 8.00 m de diámetro y 3.00 m de altura para su espesado. Sin embargo, actualmente la totalidad de los fangos generados en el proceso, tanto primarios como biológicos, están siendo espesados en el

espesador de gravedad. La extracción de los fangos espesados se realiza mediante válvula de accionamiento eléctrico para su envío hacia la cámara de mezcla de fangos.

- **Espesador de flotación:** inicialmente se disponía de un espesador de flotación de 5 m de diámetro y 2.00 m de calado para el espesador de los fangos biológicos, equipado con 1+1R compresores de 7.5 m³/h y 7 kg/cm², 1+1R bombas de 34 m³/h y 51 mca y 1 calderín de presurización de 880 L. Sin embargo, el flotador se encuentra en la actualidad fuera de uso por falta de capacidad, por lo que la totalidad de los fangos se están concentrando en el espesador de gravedad.
- **Cámara de mezcla de fangos mixtos y bombeo a digestión:** se dispone de una arqueta de reciente construcción de 4.50 x 3.50 m y 2.50 m de altura útil para la homogeneización de los fangos, desde la cual los fangos son bombeados mediante 1+1R bombas de cámara seca de 40 m³/h de capacidad directamente al depósito tampón, debido a que la etapa de digestión anaeróbica se encuentra actualmente en desuso.
- **Digestión anaeróbica:** Para la estabilización de los fangos generados en la EDAR se dispone de 1 digestor de 14 m de diámetro y 11.20 m de altura cilíndrica, el cual se encuentra casi desde sus inicios fuera de uso. El digestor estaba diseñado con lanzas para la agitación de los fangos mediante la recirculación del propio biogás. Para el calentamiento de los fangos se dispone de 1+1R bombas de 25.00 m³/h. El circuito de calefacción diseñado y que nunca ha funcionado de forma continua, estaba compuesto por 1+1R calderas de agua caliente de 150000 kcal/h, 1 intercambiador de calor de 150000 kcal/h de potencia máxima de intercambio y 2 bombas de agua caliente de 30.00 m³/h. Actualmente no está en uso. La línea de gas está compuesta por un gasómetro de 330 m³ de capacidad y una antorcha de 110 Nm³/h de capacidad para quemar el excedente de biogás. Se dispone además de un depósito enterrado de 5 m³ de capacidad para el almacenamiento de gasóleo para casos en los que las calderas no puedan ser alimentadas por biogás. Tras la digestión de los fangos, estos, según el diseño, debían ser almacenados y espesados en un depósito tampón de 11 m de diámetro y 3.50 m de calado previo a su deshidratación. Actualmente los fangos son directamente recibidos en el depósito tampón desde la arqueta de fangos mixtos, sin ser previamente estabilizados en el digestor.
- **Deshidratación de fangos:** los fangos acumulados en el depósito tampón son enviados hacia 2 filtros banda de 15 m³/h de capacidad unitaria y 1 centrífuga de 25 m³/h, adquirida recientemente por falta de capacidad de la etapa de deshidratación.
- **Almacenamiento de fangos deshidratados:** los fangos deshidratados son finalmente almacenados en una tolva de 40 m³ de capacidad previo a su gestión externa.

La figura 1 muestra la distribución de la EDAR de El Ejido.



Vista general de la EDAR de El Ejido.

4. DATOS DE PARTIDA

Para analizar la situación actual del agua residual que se recibe en la EDAR de El Ejido, se realizó una campaña analítica de 4 días, abarcando dentro de la misma días laborales y no laborales. Los resultados muestran que el caudal de agua residual que se recibe actualmente en la EDAR es de 15293 m3/d, estando ésta caracterizada por una concentración de DBO5 de 438.75 mg/L, una concentración de DQO de 749.17 mg/L y una concentración de SS de 306 mg/L.

Otros parámetros físico-químicos del agua residual que llega a la EDAR se muestran en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidades	Campaña analítica			
		Sábado	Domingo	Lunes	Martes
Caudal	m3/d	-	15447.00	15139.00	15293.00
DQO total	mg/L	723.33	760.00	750.00	763.33
DQO soluble	mg/L	293.33	383.33	293.33	320.00
DQO particulada	mg/L	430.00	376.67	456.67	443.33
% DQO soluble	%	40.55	50.44	39.11	41.92
DBO5	mg/L	425.00	465.00	420.00	445.00
DBOu	mg/L	570.00	620.00	560.00	595.00
SST	mg/L	290.00	292.00	318.00	324.00
SSV	mg/L	272.00	278.00	304.00	300.00
FSS	mg/L	18.00	14.00	14.00	24.00
% SSV	%	93.79	95.21	95.60	92.59
Amonio	mg NH4+/L	70.00	71.74	68.73	70.60
Nitrato	mg NO3-/L	0.19	0.00	1.27	2.63
N-NH3	mg N-NH3/L	54.44	55.80	53.45	54.91
N-NO3	mg N-NO3/L	0.04	0.00	0.29	0.59
NT	mg N/L	55.60	56.94	54.84	56.64
pH		7.58	7.57	7.75	7.67
Conductividad	µS/cm	2550.00	2500.00	2530.00	2500.00

En base a los resultados de la campaña realizada y a los datos de producción de fangos facilitados por la EDAR, se recogen a continuación los datos de partida utilizados para los cálculos de dimensionamiento de la línea de fangos de la EDAR de El Ejido. Como horizonte para el dimensionamiento y rehabilitación de la línea de fangos existente se han establecido las condiciones operativas para el año en que se estima que se lleve a cabo la futura ampliación.

Parámetro	Unidades	Datos de partida considerados agua residual.			
		Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
CAUDALES					
Caudal total	m3/d	15293.00	15293.00	18000.00	18000.00
Caudal medio	m3/h	637.21	637.21	750.00	750.00
Coef. punta		1.30	1.30	1.30	1.30
Caudal punta	m3/h	828.37	828.37	975.00	975.00
Coeficiente máximo		3.00	3.00	3.00	3.00
Caudal máximo	m3/h	1911.63	1911.63	2250.00	2250.00
DBO5					
Concentración media	mgO2/L	438.75	438.75	438.75	438.75
Carga diaria	Kg/d	6709.80	6709.80	7897.50	7897.50
Habitantes equivalentes	h.e.	111830	111830	131625	131625
DQO					
Concentración media	mgO2/L	749.08	749.08	749.08	749.08
Carga diaria	Kg/d	11455.72	11455.72	13483.49	13483.49
SS					
Concentración media	mg/L	306.00	306.00	375.00	375.00
Carga diaria	Kg/d	4679.66	4679.66	6750.00	6750.00
% SSv	%	94.30	94.30	94.30	94.30
SSv	mg/L	288.56	288.56	353.63	353.63
SSnv	mg/L	17.44	17.44	21.38	21.38
OTROS					

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
pH		7.64	7.64	7.64	7.64
Conductividad eléctrica	μS/cm	2520.00	2520.00	2520.00	2520.00
Temperatura	°C	14.00	28.00	14.00	28.00

Datos de partida considerados fangos.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
FANGOS PRIMARIOS					
Caudal	m3/d	185.75	185.75	261.67	261.67
Contenido en sólidos	Kg/d	2786.31	2786.31	3925.00	3925.00
SS	mg/L	15000.00	15000.00	15000.00	15000.00
% volátiles	%	94.30	94.30	94.30	94.30
SSv	mg/L	14145.00	14145.00	14145.00	14145.00
SSi	mg/L	855.00	855.00	855.00	855.00
X	mg/L	15791.61	15791.61	15791.61	15791.61
Xs0	mg/L	14081.41	14081.41	14081.41	14081.41
Xi0	mg/L	1710.19	1710.19	1710.19	1710.19
S	mg/L	426.93	426.93	426.93	426.93
Ss0	mg/L	380.70	380.70	380.70	380.70
Si0	mg/L	46.24	46.24	46.24	46.24
DQO	mg O2/L	16218.54	16218.54	16218.54	16218.54
Biodegradabilidad	%	89.17	89.17	89.17	89.17
FANGOS BIOLÓGICOS REACTOR CONVENCIONAL					
Caudal	m3/d	272.41	272.41	320.63	320.63
Contenido en sólidos	Kg/d	1634.48	1634.48	1923.80	1923.80
SS	mg/L	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00
% volátiles	%	80.00	80.00	80.00	80.00
SSv	mg/L	4800.00	4800.00	4800.00	4800.00
SSi	mg/L	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00
X	mg/L	7008.00	7008.00	7008.00	7008.00
Xs0	mg/L	4555.20	4555.20	4555.20	4555.20
Xi0	mg/L	2452.80	2452.80	2452.80	2452.80
S	mg/L	47.97	47.97	47.97	47.97
Ss0	mg/L	1.73	1.73	1.73	1.73
Si0	mg/L	46.24	46.24	46.24	46.24
DQO	mg O2/L	7055.97	7055.97	7055.97	7055.97
Biodegradabilidad	%	65.00	65.00	65.00	65.00
FANGOS BIOLÓGICOS REACTOR DE MEMBRANAS					
Caudal	m3/d	179.87	179.87	211.71	211.71
Contenido en sólidos	Kg/d	1575.69	1575.69	1854.60	1854.60
SS	mg/L	8760.00	8760.00	8760.00	8760.00
% volátiles	%	70.00	70.00	70.00	70.00

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
SSv	mg/L	6132.00	6132.00	6132.00	6132.00
SSi	mg/L	2628.00	2628.00	2628.00	2628.00
X	mg/L	8952.72	8952.72	8952.72	8952.72
Xs0	mg/L	5819.27	5819.27	5819.27	5819.27
Xi0	mg/L	3133.45	3133.45	3133.45	3133.45
S	mg/L	47.97	47.97	47.97	47.97
Ss0	mg/L	1.73	1.73	1.73	1.73
Si0	mg/L	46.24	46.24	46.24	46.24
DQO	mg O2/L	9000.69	9000.69	9000.69	9000.69
Biodegradabilidad	%	65.00	65.00	65.00	65.00

5. PROPUESTA DE ACTUACIÓN

Las propuestas llevadas a cabo se han realizado siempre teniendo en cuenta 3 premisas primordiales:

- Optimizar el rendimiento de las distintas etapas del proceso de la línea de fangos.
- Dotar de flexibilidad operativa al proceso.
- Minimizar el consumo energético de las distintas etapas.
- Actuar en la obra civil existente para su nueva a puesta en funcionamiento, rehabilitando y actuando en los puntos necesarios de manera que se eviten problemas de funcionamiento y se garantice la durabilidad de la actuación.

La línea de fangos se refiere al conjunto de procesos en los que se tratan los fangos generados durante el tratamiento de aguas residuales antes de ser extraídos del sistema. Las dos fuentes principales de producción de este subproducto son los sólidos sedimentados retirados del fondo de los decantadores tanto primarios como secundarios, siendo necesario llevar a cabo un tratamiento de los mismos con el fin de evitar problemas relacionados con su elevado contenido en agua, materia orgánica fermentable y organismos patógenos causantes de enfermedades, ya que en estos fangos se concentra la contaminación eliminada durante el proceso y son líquidos (contenido en agua > 90%) con un elevado contenido en materia orgánica que puede dar lugar a problemas de fermentación y putrefacción. Para la gestión de los fangos generados en la EDAR se debe de disponer de una línea de fangos formada por una etapa de espesado de fangos primarios por gravedad, una etapa de espesado mecánico de fangos biológicos, una estabilización de los fangos espesados mediante digestión anaeróbica y una deshidratación final para reducir el grado de humedad antes de su evacuación de la EDAR.

Se recogen a continuación las actuaciones necesarias en cada una de las etapas de la línea de fangos para su rehabilitación, de forma que se asegure un adecuado tratamiento de los fangos generados en la EDAR en las condiciones operacionales indicadas y considerando los datos de partida anteriormente comentados.

5.1. ESPESADO DE FANGOS PRIMARIOS

Los fangos generados en los decantadores primarios son enviados directamente hacia el espesador de gravedad mediante 1+1R bombas de 65 m3/h de caudal unitario. Para el espesado de los fangos primarios se dispone de un espesador de gravedad de 8.00 m de diámetro y 3.00 m de altura recta, conformando un volumen de 164.20 m3 para el espesado de los fangos.

Con estas características **se constata que el espesador de gravedad existente puede ser adecuado en cuanto a dimensiones para el espesado de los fangos primarios de la EDAR tanto en época actual como en el escenario horizonte dentro de la solución integradora que se propone**, cumpliendo con todos los requisitos estipulados para alcanzar una adecuada concentración del fango antes de su estabilización:

- Carga de sólidos inferior a 90 kg/m² por día.
- Carga hidráulica inferior a 1.40 m³/m² por hora.
- Tiempo de retención de sólidos > 24 h.

En la siguiente tabla se recogen las condiciones operativas resultantes de la etapa de espesado de gravedad en los distintos escenarios contemplados:

COMPROBACIÓN DE LA ETAPA DE ESPESADO POR GRAVEDAD					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DATOS DE PARTIDA Y CONDICIONES DE DISEÑO					
Bombas activas de purga	Ud	1	1	1	1
Caudal unitario de purga	m3/h	65.00	65.00	65.00	65.00
Caudal de fangos a espesar	m3/d	185.75	185.75	261.67	261.67
Peso de fangos a tratar	Kg/d	2786.31	2786.31	3925.00	3925.00
CARACTERÍSTICAS DEL ESPESADOR EXISTENTE					
Diámetro	m	8.00			
Superficie unitaria	m2	50.27			
Altura recta	m	3.00			
Pendiente solera	%	20.00			
Volumen unitario	m3	164.20			
CONDICIONES OPERATIVAS					
Carga hidráulica de trabajo < 1.40 m/h	m/h	1.29	1.29	1.29	1.29
Carga másica de trabajo < 90.00 kgMS/m2d	kgMS/m2d	55.43	55.43	78.09	78.09
Tiempo de retención de sólidos > 24 h	h	45.97	45.97	32.63	32.63

Puesto que los fangos primarios acumulan residuos sólidos problemáticos recogidos durante la decantación primaria, para evitar problemas en etapas posteriores **se proyecta una importante mejora en el proceso, relativa al tamizado de los fangos primarios mediante la instalación de un tamiz rotativo de 3.00 mm de paso y 75 m³/h de capacidad máxima**. De esta forma se retienen pelos y residuos similares que puedan producir problemas de atranques en la etapa de digestión.

TAMIZ DE FANGOS PRIMARIOS					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Caudal de purga de fangos primarios	m ³ /d	65.00	65.00	65.00	65.00
Nº tamices	uds	1.00	1.00	1.00	1.00
Luz malla del tamiz	mm	3.00			
Capacidad del tamiz adoptado	m ³ /h	75.00			
Material	-	Acero Inox 316			

El estado interior del hormigón del espesador de gravedad motiva que se tenga que actuar en su interior de manera que se rehabilite la obra civil y se tenga la posibilidad de funcionar otros 25 años sin problema.

La solución propuesta es la siguiente:

Se comienza con una limpieza mecánica selectiva de los elementos estructurales de hormigón armado, mediante proyección de spray de agua atomizada a ultra alta presión (superior a 1100 bares) hasta disolver la suciedad superficial, los restos de impermeabilización existente, eliminación de contaminación no visible/visible y selección del soporte con las características de idoneidad requeridas.

Se incluye una reparación estructural en la que se ha considerado la superficie total interior del espesador, una vez descubierta la superficie deteriorada y libre de óxido las armaduras tras la hidrodemolición hasta obtener un grado de preparación WJ-3 de acuerdo a la Norma NACE 5, se procede a la aplicación con brocha de capa de pasivación de armaduras vistas mediante producto específico a base de cemento y resina epoxi Sika Armatop 110 Epocem. Posteriormente, se procede al suministro y aplicación de una capa de puente de unión bicomponente a base de cemento y resina epoxi denominado Sika Armatop 110 Epocem . Espolvoreado de arena con el material aun fresco para su adherencia con las capas posteriores.

Reconstrucción geométrica de paramentos superficiales de hormigón con mortero tixotrópico de alta compatibilidad con el hormigón tipo R4 (mortero de reparación de alta resistencia, resistente a los sulfatos y reforzado con fibras para espesores medios y grandes, con MARCADO CE), para reconstrucción de la escocia perimetral. Para ello se aplicará el producto SikaRep 2400/Sika Monotop 4012 en un espesor medio de 3 cm.

Se continua con la limpieza de toda la superficie a tratar mediante barrido y/o cepillado manual, para la eliminación del polvo y otras materias extraña hasta obtener una superficie limpia y sana para su posterior tratamiento mediante aplicación de una capa de emplastecido y/o sellado con mortero SIKAGUARD 720 EPOCEM, mortero tixotrópico de tres componentes a base de cementos modificados con resina epoxi, de textura muy fina y que cumple con los requerimientos de la clase R4 de la UNE-EN 1504-3 además de incrementar la resistividad (Principio 8,método 8.3 de la UNE-EN 1504-9). Dicho productos será aplicado en una capa de 2 mm.

Y sobre la superficie regularizada se procede a impermeabilizar la misma mediante la aplicación de una capa de imprimación de dos componentes, a base de resinas basadas en la tecnología XOLUTEC tipo MASTER SEAL P-770, aptas tanto para soportes secos como húmedos, absorbentes y no absorbentes. Se aplicará con brocha y/o rodillo con una dotación de 0,3 kg/m². Posteriormente será sellado con dos capas de MASTER SEAL M-790, bicomponente de alta Resistencia química y con capacidad de puenteo de fisuras basada en tecnología Xolutec, para la impermeabilización y protección del hormigón en ambientes con elevada agresión química como es el caso, en una dotación final total de 1 kg/m².

5.2. ESPESADO DE FANGOS SECUNDARIOS

Por otro lado, los fangos secundarios son los generados en los dos reactores biológicos existentes en la EDAR. Actualmente existe un sistema de bombeo formado por 1+1R bombas de 35 m³/h de capacidad que enviaban los fangos de ambos reactores hacia un espesador de flotación de 5.00 m de diámetro y 2.00 m de altura cilíndrica.

Debido a la falta de capacidad de tratamiento en la EDAR, uno de los dos reactores biológicos va a ser convertido inminentemente en MBR, por lo que se mantendrán las 1+1R bombas de 35 m³/h actuales para la purga del reactor biológico convencional, mientras que se está ejecutando un nuevo bombeo compuesto por 1+1R bombas de 15 m³/h para la purga de los fangos biológicos del nuevo reactor biológico de membranas.

Establecidos los condicionantes de funcionamiento de la etapa de espesado de fangos secundarios, se recogen a continuación los cálculos realizados para la comprobación de las condiciones operativas en el espesador de flotación, **constatándose que el espesador de flotación diseñado e instalado en la planta no tenía suficiente capacidad para el espesado de los fangos secundarios**, no cumpliéndose con los requisitos de funcionamiento necesarios para lograr una adecuada concentración de los fangos.

- Carga de sólidos inferior a 4.50 kg/m² por hora.
- Carga hidráulica inferior a 2.00 m³/m² por hora.
- Tiempo de retención de sólidos > 2.00 h.

COMPROBACIÓN DE LA ETAPA DE ESPESADO POR FLOTACIÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DATOS DE PARTIDA Y CONDICIONES DE DISEÑO					
Bombas activas de purga Reactor Convencional	Ud	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal de purga unitario	m3/h	35.00	35.00	35.00	35.00
Bombas activas de purga Reactor de Membranas	Ud	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal de purga unitario	m3/h	15.00	15.00	15.00	15.00
Caudal de fangos a espesar	m3/d	452.29	452.29	532.35	532.35
Peso de fangos a tratar	Kg/d	3210.17	3210.17	3778.40	3778.40
CARACTERÍSTICAS DEL ESPESADOR EXISTENTE					
Diámetro	m	5.00			
Superficie unitaria	m2	19.63			
Altura recta	m	2.00			
Pendiente solera	%	20.00			
Volumen unitario	m3	42.54			
CONDICIONES OPERATIVAS					
Carga hidráulica de trabajo < 2.00 m/h	m/h	2.55	2.55	2.55	2.55
Carga máscia de trabajo < 4.50 kgMS/m2h	kgMS/m2d	18.07	18.07	18.07	18.07
Tiempo de retención hidráulico > 2 h	h	2.26	2.26	1.92	1.92

Como consecuencia, el espesador de flotación fue recientemente demolido para construir en su lugar un edificio para el espesado de los fangos biológicos mediante tambor mecánico de 36 m3/h de capacidad y un equipo de dosificación de poli de 850 L/h, los cuales se encuentran actualmente en proceso de adquisición e instalación por este Consorcio. Esta solución viene justificada por varios motivos:

- El coste de adquisición de dicho equipo es inferior al coste de construcción de un nuevo espesador de flotación.
- Trabaja con un amplio rango de caudales, por lo que se dota de una mayor flexibilidad a la línea de fangos. Por un lado, permiten espesar mayores caudales de fango en el caso de que el explotador incremente provisionalmente el caudal de purga para inhibir posible nitrificación en los reactores biológicos. Por otro lado, permite también reducir el caudal de trabajo con el objetivo de trabajar de forma más constante (incluso continua), mejorando tanto el espesado de los fangos como la digestión de los mismos.
- Logra un mayor grado de espesado del fango.
- Se reduce drásticamente el consumo energético de la etapa de espesado de fangos biológicos. El consumo energético del espesador de flotación es muy elevado como consecuencia de trabajar con elevados caudales a alta presión. La solución proyectada supondrá un ahorro en el consumo energético por encima del 70%

En la siguiente tabla se muestran las características del espesador mecánico y los equipos periféricos necesarios para alcanzar un adecuado grado de espesado de los fangos secundarios. **Se proyecta un espesador mecánico de 36 m3/h de capacidad para el espesado de los fangos biológicos procedentes del nuevo reactor biológico de membranas, manteniéndose el espesador mecánico existente para el espesado de los fangos del reactor convencional. Se ha comprobado que el equipo de preparación-dosificación de polielectrolito adquirido por el Consorcio, formado por un tanque de preparación de 850 L/h, es suficiente para suministrar el polielectrolito necesario a ambos espesadores, por lo que únicamente será necesario adquirir 1+1R bombas de dosificación de caudal variable de 350 L/h de capacidad para la dosificación de poli en el nuevo espesador.**

DISEÑO DE LA ETAPA DE ESPESADO MECÁNICO DE LOS FANGOS BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
ESPESADOR MECÁNICO REACTOR CONVENCIONAL					
Peso neto de fangos a espesar	Kg/d	1634.48	1634.48	1923.80	1923.80
Caudal de fangos a espesar	m3/d	272.41	272.41	320.63	320.63
Concentración de sólidos de entrada	Kg/m3	6.00	6.00	6.00	6.00
Concentración de sólidos de salida	Kg/m3	35.00	35.00	35.00	35.00
Nº bombas activas	uds	1	1	1	1
Caudal unitario bombas	m3/h	35.00	35.00	35.00	35.00
Caudal horario total	m3/h	35.00	35.00	35.00	35.00
Horas de funcionamiento	h/d	7.78	7.78	9.16	9.16
Número de espesadores	uds	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal fangos	m3/h	35.00	35.00	35.00	35.00
Caudal poli	m3/h	0.51	0.51	0.51	0.51
Caudal necesario	m3/h	35.51	35.51	35.51	35.51
Caudal adoptado	m3/h	36.00			
COMPROBACIÓN CAPACIDAD INSTALADA		OK	OK	OK	OK
ESPESADOR MECÁNICO REACTOR DE MEMBRANAS					
Peso neto de fangos a espesar	Kg/d	1575.69	1575.69	1854.60	1854.60
Caudal de fangos a espesar	m3/d	179.87	179.87	211.71	211.71
Concentración de sólidos de entrada	Kg/m3	8.76	8.76	8.76	8.76
Concentración de sólidos de salida	Kg/m3	35.00	35.00	35.00	35.00
Nº bombas activas	uds	1	1	1	1
Caudal unitario bombas	m3/h	15.00	15.00	15.00	15.00
Caudal horario total	m3/h	15.00	15.00	15.00	15.00
Horas de funcionamiento	h/d	11.99	11.99	14.11	14.11
Número de espesadores	uds	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal fangos	m3/h	15.00	15.00	15.00	15.00
Caudal poli	m3/h	0.32	0.32	0.32	0.32
Caudal necesario	m3/h	15.32	15.32	15.32	15.32
Caudal adoptado	m3/h	36.00			
COMPROBACIÓN CAPACIDAD INSTALADA		OK	OK	OK	OK
DOSIFICACIÓN DE POLIELECTROLITO					
Dosis recomendada polielectrolito (2-5 kg/Tn)	Kg/Tn	3.50	3.50	3.50	3.50
Dosis máxima de diseño	Kg/Tn	5.00	5.00	5.00	5.00
Cantidad necesaria para espesado Reactor Convencional	Kg/h	1.05	1.05	1.05	1.05
Cantidad necesaria para espesado Reactor de Membranas	Kg/h	0.66	0.66	0.66	0.66
Concentración de polielectrolito (0.2-0.5 %)	%	0.20	0.20	0.20	0.20
Concentración de polielectrolito	Kg/m3	2.0	2.0	2.0	2.0
Volumen horario necesario de polielectrolito	l/h	836.76	836.76	836.76	836.76
Número de equipos	ud	1.00	1.00	1.00	1.00
Volumen necesario (1h)	l	836.76	836.76	836.76	836.76
Volumen adoptado	l	850.00			
Caudal de poli necesario espesador Reactor Convencional	l/h	514.71	514.71	514.71	514.71
Caudal de poli necesario espesador Reactor de Membranas	l/h	322.06	322.06	322.06	322.06
Tipo de bomba		De tornillo helicoidal			
Nº de bombas dosificadoras activas por espesador	Uds.	1.00	1.00	1.00	1.00
Nº de bombas dosificadoras en reserva por espesador	Uds.	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal unitario adoptado espesador Reactor Convencional	l/h	550.00			
Caudal unitario adoptado espesador Reactor de Membranas	l/h	350.00			

Deberá instalarse un sensor de sólidos a la entrada de ambos espesadores mecánicos para dosificación de poli mediante lazo de control.

5.3. DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE FANGOS

Para la estabilización de los fangos en la EDAR de El Ejido se dispone un digestor anaeróbico de 14.00 m de diámetro y 11.20 m de altura cilíndrica.

5.3.1. OBRA CIVIL

AISLAMIENTO

Para mantener la temperatura óptima en el interior de un digestor (35 °C) es necesario suministrar calor al fango de entrada para compensar las pérdidas de calor del sistema. También es importante tener en cuenta que las pérdidas de calor deben ser minimizadas al máximo, por lo que se recomienda siempre aislar térmicamente (calorifugar) las paredes y cúpula del digestor y de las tuberías, lo que supone un funcionamiento más sostenible y eficiente de la instalación. De esta manera, tanto en cúpula como en fuste se proyectará una capa de 1 pulgada de poliuretano, sobre este aislamiento se dispondrá de chapa de protección realizada en Aluminio de 0,8 mm de espesor, sujeta a pernos de acero inoxidable (soldados o atornillados al cuerpo del depósito).

IMPERMEABILIZACIÓN INTERIOR

La impermeabilización interior completa del digestor comienza mediante una limpieza mecánica selectiva de los elementos estructurales de hormigón armado, mediante proyección de spray de agua atomizada a ultra alta presión (superior a 1000 bares) hasta disolver la suciedad superficial, los restos de impermeabilización existente, eliminación de contaminación no visible/visible y selección del soporte con las características de idoneidad requeridas.

Una vez descubiertas las superficies deterioradas y libres de óxido las armaduras tras la hidrodemolición hasta obtener un grado de preparación WJ-3 de acuerdo a la Norma NACE 5, se procede a la aplicación con brocha de capa de pasivación de armaduras vistas mediante producto específico a base de cemento y resina epoxi Sika Armatop 110 Epocem. Posteriormente, se procede al suministro y aplicación de una capa de puente de unión bicomponente a base de cemento y resina epoxi denominado Sika Armatop 110 Epocem. Espolvoreado de arena con el material aun fresco para su adherencia con las capas posteriores.

Reconstrucción geométrica de paramentos superficiales de hormigón con mortero tixotrópico de alta compatibilidad con el hormigón tipo R4 (mortero de reparación de alta resistencia, resistente a los sulfatos y reforzado con fibras para espesores medios y grandes, con MARCADO CE), para reconstrucción de la escocia perimetral. Para ello se aplicará el producto SikaRep 2400/Sika Monotop 4012 en un espesor medio de 3 cm.

Se continua con la limpieza de toda la superficie a tratar mediante barrido y/o cepillado manual, para la eliminación del polvo y otras materias extraña hasta obtener una superficie limpia y sana para su posterior tratamiento mediante aplicación de una capa de emplastecido y/o sellado con mortero SIKAGUARD 720 EPOCEM, mortero tixotrópico de tres componentes a base de cementos modificados con resina epoxi, de textura muy fina y que cumple con los requerimientos de la clase R4 de la UNE-EN 1504-3 además de incrementar la resistividad (Principio 8, método 8.3 de la UNE-EN 1504-9). Dicho productos será aplicado en una capa de 2 mm.

Y sobre la superficie regularizada se procede a impermeabilizar la misma mediante la aplicación de una capa de imprimación de dos componentes, a base de resinas basadas en la tecnología XOLUTEC tipo MASTER SEAL P-770, aptas tanto para soportes secos como húmedos, absorbentes y no

absorbentes. Se aplicará con brocha y/o rodillo con una dotación de 0,3 kg/m². Posteriormente será sellado con dos capas de MASTER SEAL M-790, bicomponente de alta Resistencia química y con capacidad de puenteo de fisuras basada en

tecnología Xolotec, para la impermeabilización y protección del hormigón en ambientes con elevada agresión química como es el caso, en una dotación final total de 1 kg/m².

En las juntas tanto solera-fuste, como fuste-cúpula, como las uniones de las secciones que componen las cúpula se propone una impermeabilización colocando un sistema de sellado de juntas de altas prestaciones para juntas de dilatación, conexión o grietas tipo SIKADUR COMBIFLEX. Cuando se fija al soporte permite grandes movimientos e irregularidades en más de una dirección, manteniendo un sellado de alta calidad. Banda Combiflex consiste en una banda flexible e impermeable de Haypalon, bandas flexibles de polietileno clorosulfurado sin armadura y el adhesivo para su fijado Sikadur Combiflex Adhesivo, adhesivo estructural de dos componentes a base de resinas epoxi y cargas especiales, que no contiene disolventes, es tixotrópico y tolera cierta humedad. Dicha sellado será de 15 cm de ancho.

IMPERMEABILIZACIÓN EXTERIOR

Se propone un tratamiento en las siguientes fases:

1. Hidrosaneado con agua a alta presión de superficies

Hidrodemolición selectiva de superficies de los elementos estructurales de hormigón armado del digestor mediante proyección de agua atomizada a alta presión (superior a 1,100 bares) para la total eliminación del hormigón deteriorado y selección del soporte con las características de idoneidad requeridas. Se realizarán las pruebas previas necesarias para ajustar los parámetros de la limpieza y evitar daños en los materiales.

2. Reparación estructural con mortero tixotrópico de cubierta fisurada

Suministro y aplicación de una capa de pasivante y/o capa de adherencia, tipo SIKATOP 110 EPOCEM a todas la armaduras existentes. Una vez endurecida la capa anteriormente descrita se aplicará una segunda capa de SIKATOP 110 EPOCEM para optimizar la adherencia de las posteriores capas de recubrimiento. Dicho productos tendrá un consumo de 4.00 Kg/m². Aplicación de una capa extra sobre el hormigón a modo de puente de adherencia (consumo 2 kg/m²). El SIKATOP 110 EPOCEM es un revestimiento base de cemento de un componente, mejorado con resinas sintéticas y humo de sílice, dicho productos esta ensayado bajo la norma UNE-EN 1504-7. Reconstrucción del hormigón perdido con mortero de reparación R4 SikaMonotop 412S en un espesor medio de 3 cm.

3. Impermeabilización de cubierta con poliuretano monocomponente.

Impermeabilización cubierta con sistema de poliuretano que consta de una capa de imprimación del producto SIKALASTIC CONCRETE PRIMER en una dotación de 0,3 kg/m² y dos capas de terminación del producto SIKALASTIC 612 con un consumo total de 2 kg/m², en el que se embeberá una malla de fibra de vidrio SIKA REEMAT STANDARD. Suministro y aplicación de una capa de sellado del producto resistente a los rayos UV Sikalastic 641 TC, en una dotación de 0,4 kg/m².

5.3.2. RENOVACIÓN DE CALDERERÍA

Se ha incluido en este estudio la renovación de todas las tuberías interiores y exteriores del digestor, mediante tuberías de acero inoxidable AISI316. Las tuberías de recirculación de fangos irán calorifugadas.

5.3.3. EQUIPAMIENTO MECÁNICO

Para asegurar una correcta estabilización de los fangos en el proceso de digestión anaeróbica, debe de tenerse en cuenta una serie de variables operativas que condicionan el proceso, que de no cumplirse pueden inhibir por completo el proceso de digestión:

- SRT en digestión: Mínimo 20 días para una temperatura de 35 °C
- Carga volumétrica de SSV a la entrada del digestor: debe ser inferior a 2 kgSSV/m3·d
- Carga volumétrica de SST a la entrada del digestor: debe ser inferior a 6 kgSST/m3·d

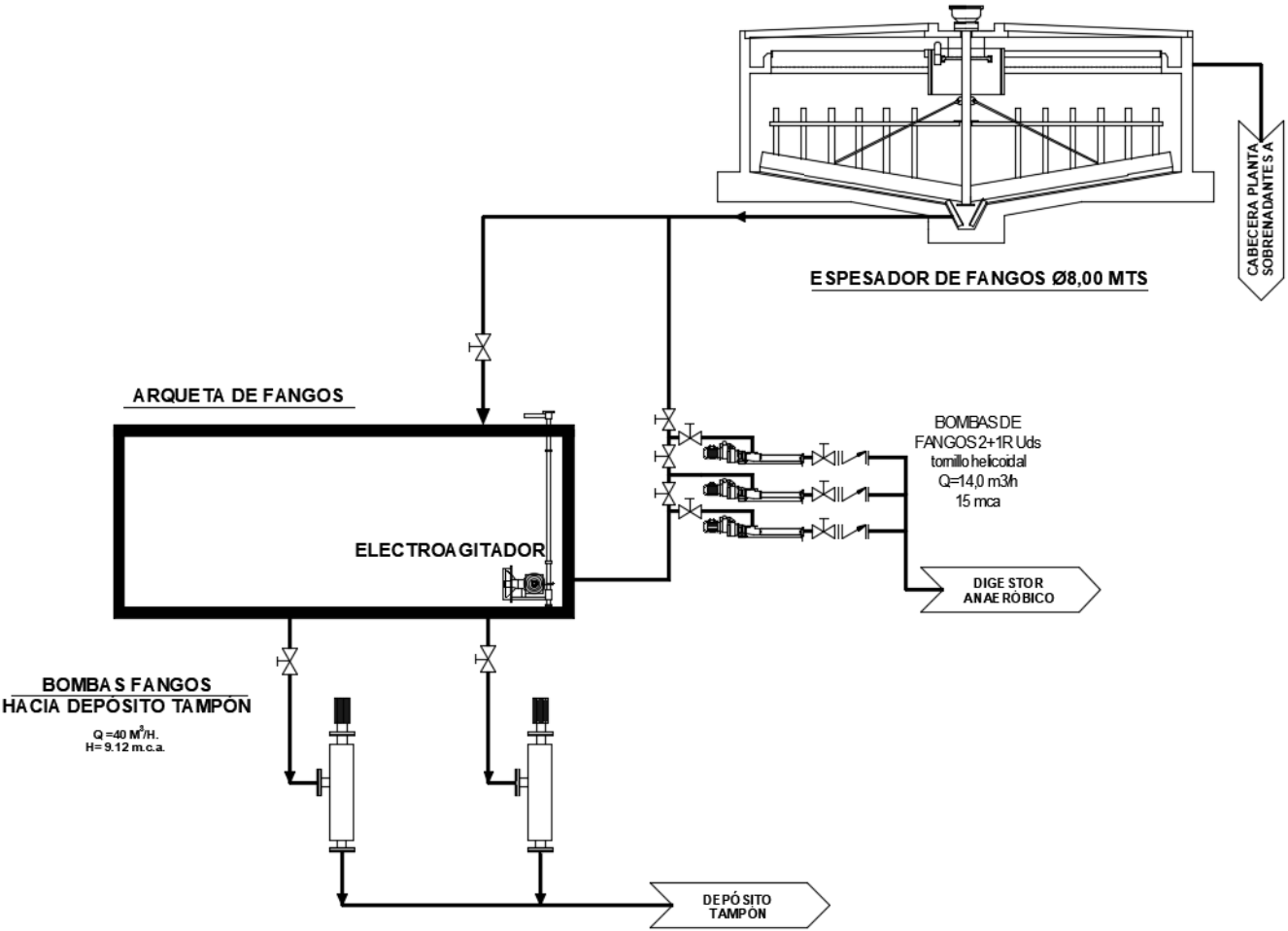
Para el correcto funcionamiento de la etapa de digestión, el volumen del digestor debe ser aquel que de pie al cumplimiento de todos estos requisitos. En la siguiente tabla se muestran los valores de carga volumétrica de sólidos y SRT obtenidos a partir del volumen del digestor disponible en la EDAR de El Ejido (2116.57 m3).

PREMISAS PARA LA COMPROBACIÓN DEL VOLUMEN DEL DIGESTOR EXISTENTE EN LA EDAR					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
CONDICIONES OPERATIVAS					
Caudal de entrada a digestión (fangos mixtos)	m³/d	147.45	147.45	186.45	186.45
Concentración de SST	kg/m³	39.86	39.86	40.49	40.49
Concentración de SSV	kg/m³	33.49	33.49	34.37	34.37
Volumen del digestor existente	m³	2116.57			
SRT					
SRT resultante (> 20 d a 35 °C)	d	14.35	14.35	11.35	11.35
CARGA VOLUMÉTRICA DE SST					
Carga másica de SST	kg/d	5876.55	5876.55	7549.33	7549.33
Carga volumétrica de SST (< 6 kg/m3·d)	kg/m3·d	2.78	2.78	3.57	3.57
CARGA VOLUMÉTRICA DE SSV					
Carga másica de SSV	kg/d	4937.30	4937.30	6407.76	6407.76
Carga volumétrica de SSV (< 2 kg/m3·d)	kg/m3·d	2.33	2.33	3.03	3.03

Se observa en la tabla anterior que **el digestor existente no tiene la suficiente capacidad para estabilizar todos los fangos generados en la EDAR**, ya que no se cumple con las premisas relativas a la carga volumétrica de sólidos volátiles y al tiempo mínimo de retención.

Por lo tanto, debido a la limitada capacidad de digestión disponible en la EDAR, **se proyecta la digestión preferente de los fangos primarios, ya que se tratan de fangos mucho más inestables y con mayor potencial energético que los fangos biológicos**, los cuales se encuentran más endógenos debido a que ya han sido parcialmente estabilizados en los reactores biológicos.

Para el bombeo de los fangos primarios espesados al digestor se proyectan 1+1R bombas que extraerán los fangos espesados directamente del fondo del espesador de gravedad. Para dotar de la mayor flexibilidad al proceso, se instalará una tercera bomba de las mismas características para complementar la alimentación del digestor con fangos biológicos espesados procedentes de la arqueta de fangos mixtos si el explotador lo estima. Se instalarán sendos caudalímetros para contabilizar la cantidad de fangos primarios y biológicos que se envían hacia el digestor.



En la siguiente tabla **se comprueba que el digestor existente tiene capacidad para tratar adicionalmente entre un 21.50 y un 54.60 % de los fangos biológicos espesados**.

COMPROBACIÓN DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA ETAPA DE DIGESTIÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
CONDICIONES OPERATIVAS					
Fangos primarios a digestión (100%)	m³/d	55.73	55.73	78.50	78.50
Fracción de fangos biológicos a digestión	%	54.60	54.60	21.50	21.50
Fangos biológicos a digestión	m³/d	50.08	50.08	23.21	23.21
Caudal total de entrada a digestión	m³/d	105.80	105.80	101.71	101.71
Concentración de SST resultante	kg/m³	42.04	42.04	45.65	45.65
Concentración de SSV resultante	kg/m³	36.53	36.53	41.54	41.54
Volumen del digestor existente	m³	2116.57			
SRT					
SRT resultante (> 20 d a 35 °C)	d	20.00	20.00	20.81	20.81
CARGA VOLUMÉTRICA DE SST					
Carga másica de SST	kg/d	4448.28	4448.28	4642.61	4642.61
Carga volumétrica de SST (< 6 kg/m3·d)	kg/m3·d	2.10	2.10	2.19	2.19
CARGA VOLUMÉTRICA DE SSV					
Carga másica de SSV	kg/d	3864.79	3864.79	4225.06	4225.06
Carga volumétrica de SSV (< 2 kg/m3·d)	kg/m3·d	1.83	1.83	2.00	2.00

Realizando la consulta del Anejo 2 de Cálculo de Proceso se comprueba que se puede lograr una reducción de volátiles de en torno al 52 % para el caudal de fangos adoptado, por lo que las condiciones operativas adoptadas se consideran adecuadas para llevar a cabo la correcta estabilización de los fangos tratados en el digestor.

RENDIMIENTO DE LA ETAPA DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
MLSS fango digerido	g/L	17.39	17.39	15.37	15.37
MLVSS fango digerido	g/L	11.88	11.88	11.26	11.26
Contenido en volátiles	%	68.29	68.29	73.28	73.28
Reducción volátiles	%	51.81	51.81	52.69	52.69

Se proyecta por tanto para la alimentación del digestor 2+1R bombas de 14 m3/h de caudal unitario (15 mca), una para alimentación con fangos primarios, otra para alimentación con fangos biológicos, y una reserva común a ambas bombas, en cuya impulsión se instalará una caudalímetro electromagnético para el control del caudal de alimentación al digestor.

BOMBEO DE ALIMENTACIÓN A DIGESTIÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Nº bombas activas	uds	2	2	2	2
Nº bombas reserva	uds	1	1	1	1
Caudal unitario adoptado	m3/h	14.00			
Tiempo de bombeo a digestor (sólo fangos primarios)	h/d	3.98	3.98	5.61	5.61
Tiempo de bombeo a digestor (alimentación mixta)	h/d	7.56	7.56	7.27	7.27

Los fangos biológicos que no sean conducidos a digestión serán bombeados desde la arqueta de fangos mixtos hasta al depósito tampón mediante 1+1R bombas existentes de 40.00 m3/h de caudal unitario, donde se mezclarán con los fangos digeridos antes de la etapa de deshidratación. Para mayor flexibilidad de proceso, los fangos primarios espesados en el fondo del espesador de gravedad podrán ser enviados mediante una conducción directa hacia la arqueta de fangos mixtos, desde la cual los fangos serían enviados directamente al depósito tampón tras su homogeneización, sin pasar previamente por digestión.

BOMBEO DE FANGOS ESPESADOS A DEPÓSITO TAMPÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Volumen de fangos biológicos espesados	m3/d	91.72	91.72	107.95	107.95
Volumen de fangos primarios espesados (si procede)	m3/d	55.73	55.73	78.50	78.50
Largo arqueta	m	4.50			
Ancho arqueta	m	3.00			
Altura útil arqueta	m	2.50			
Volumen arqueta de fangos mixtos	m3	33.75			
TRH (digestión fangos primarios)	h	8.83	8.83	7.50	7.50
TRH (digestión fangos mixtos)	h	8.32	8.32	4.96	4.96
TRH (bypass digestión)	h	5.49	5.49	4.34	4.34
Nº de bombas activas	Uds.	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal de fango biológicos	m3/h	9.75	9.75	9.75	9.75
Caudal de bombeo adoptado	m3/h	40.00			
Tiempo diario de funcionamiento (digestión fangos primarios)	h/d	2.29	2.29	2.70	2.70
Tiempo diario de funcionamiento (digestión fangos mixtos)	h/d	2.43	2.43	4.08	4.08
Tiempo diario de funcionamiento (bypass digestión)	h/d	3.69	3.69	4.66	4.66

La arqueta de fangos mixtos contará con 3 boyas de nivel, las 2 superiores comandarán el arranque y parada de las bombas de fangos al depósito tampón, mientras que la boya inferior será la de parada de las bombas de fangos biológicos a digestión. De esta forma, se dispone siempre de fango disponible en la arqueta para la alimentación del digestor en caso de así estimarse.

Partiendo de las características constructivas del digestor existente, se calculan las necesidades energéticas para mantener la temperatura necesaria para la estabilización mesofílica de los fangos (222398.19 kcal/h), constatándose que el sistema de calefacción existente (150000 kcal/h) no es suficiente para proveer las necesidades energéticas para mantener una temperatura de 35°C en el interior del digestor durante los meses más desfavorables.

Por lo tanto, **se proyecta el saneamiento de las paredes internas del digestor y la proyección de una capa aislante de poliuretano de 1 pulgada de espesor para aislar térmicamente el digestor y el calorifugado de las tuberías de fangos,** de forma que se obtenga una mayor eficiencia energética en la etapa de digestión. Dichas actuaciones dan lugar a una reducción de las necesidades energéticas (121229 kcal/h) por debajo de la capacidad del sistema de calefacción diseñado en la EDAR (150000 kcal/h), como se puede observar en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DATOS DE PARTIDA					
Espesor aislamiento zona cilíndrica (poliuretano)	m	0.025			
Espesor aislamiento zona superior (poliuretano)	m	0.025			
Espesor aislamiento zona inferior (poliuretano)	m	0.025			
Temperatura interior	°C	35.00	35.00	35.00	35.00
Temperatura mínima ambiente	°C	6.00	20.00	6.00	20.00
Temperatura mínima ambiente suelo	°C	14.00	14.00	14.00	14.00
NECESIDADES PARA CALENTAR FANGO DE ENTRADA					
Caudal de alimentación de fangos	m3/h	4.41	4.41	4.24	4.24
Densidad del fango	Kg/m3	1030.00	1030.00	1030.00	1030.00
Caudal másico	kg/h	4540.79	4540.79	4365.06	4365.06
Calor específico del fango	Kcal/Kg°C	1.00	1.00	1.00	1.00
Calor requerido	Kcal/h	95261.31	31753.77	91574.63	30524.88
NECESIDADES PARA COMPENSAR PÉRDIDAS DE CALOR					
Factor conversión w/m²K / Kcal/m h °C		0.87			
Conductividad térmica máxima hormigón	w/m²K	2.50			
Conductividad térmica máxima del poliuretano	w/m²K	0.03			
Conductividad térmica máxima hormigón	Kcal/h m °C	2.17			
Conductividad térmica máxima del poliuretano	Kcal/h m °C	0.02			
Coef de transf de calor superf cilíndrica U max	Kcal/m2 °C h	0.73			
Coef de transf de calor superf superior U max	Kcal/m2 °C h	0.85			
Coef de transf de calor superf inferior U max	Kcal/m2 °C h	0.71			
Pérdidas de calor superficie	Kcal/h	13469.01	6966.73	13469.01	6966.73
Pérdidas de calor suelo	Kcal/h	3518.68	3518.68	3518.68	3518.68
Pérdidas de calor totales en digestor	Kcal/h	16987.69	10485.41	16987.69	10485.41
Pérdidas de calor en intercambiador y tuberías (8%)	Kcal/h	8979.92	3379.13	8684.98	3280.82
NECESIDADES ENERGÉTICAS TOTALES					
Necesidades energéticas totales	Kcal/h	121228.92	45618.31	117247.30	44291.11
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE FANGOS					
Necesidades energéticas máximas	Kcal/h	121228.92			
Capacidad Intercambiador de calor existente	Kcal/h	150000.00			
Capacidad de caldera existente	Kcal/h	150000.00			

Como resultado de la mejora de eficiencia energética en el sistema, se propone **mantener la capacidad del sistema de calentamiento existente pero renovando aquellos equipos obsoletos o en mal estado:**

- **1+1R bombas de fangos recirculados de 25 m3/h de caudal unitario**
- **1+1R bombas de agua caliente de 30 m3/h de caudal unitario**
- **1+0R intercambiadores de calor de 150000 kcal/h de capacidad**
- **1+1R turbinas de 30 m3/h de capacidad unitaria**
- **1+1R calderas de 150000 kcal/h de potencia unitaria**

A continuación, la comprobación de las condiciones operativas del sistema de calentamiento de la etapa de digestión anaeróbica:

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO DE CALOR					
Capacidad necesaria de intercambiador	Kcal/h	121228.92			
Capacidad adoptada intercambiador	Kcal/h	150000.00			
Caudal de recirculación de fangos	m3/h	25.00	25.00	25.00	25.00
Densidad del fango	Kg/m3	1030.00	1030.00	1030.00	1030.00
Caudal másico	kg/h	25750.00	25750.00	25750.00	25750.00
Calor específico del fango	Kcal/Kg°C	1.00	1.00	1.00	1.00
Tª de entrada del fango	°C	35.00	35.00	35.00	35.00
Tª de salida del fango	°C	39.71	36.77	39.56	36.72
Tª de entrada del agua	°C	75.00	75.00	75.00	75.00
Calor específico agua	Kcal/Kg°C	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal de bombeo de agua caliente	m3/h	30.00	30.00	30.00	30.00
Tª de salida del agua	°C	70.95	73.48	71.08	73.52
Potencia de calentamiento necesaria	kcal/h	121228.92			
Rendimiento del quemador	%	85			
Potencia necesaria caldera	kcal/h	142622.25			
Potencia caldera existente	kcal/h	150000.00			

Mediante un balance de materia, el cual se puede consultar en el Anejo 2 de Cálculo de Proceso, se calcula que el **caudal de biogás que se generará en la digestión anaeróbica se sitúa entre 1518 y 1694 Nm3/d, existiendo puntas de producción de hasta 86 Nm3/h**

Se ha comprobado que **entre el 14 y el 44 % del biogás que se genera en la EDAR se usará para alimentar a las calderas, operación que se llevará a cabo mediante 1+1R turbinas de 30 Nm3/h que impulsarán el biogás almacenado en el gasómetro de 330 m3. Estos elementos serán renovados debido al actual estado de obsolescencia e ineficiencia de los elementos existentes.**

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
GENERACIÓN DE ENERGÍA					
Caudal medio de biogás	Nm3/h	1518.43	1518.43	1693.74	1693.74
Potencial energético medio del biogás	kcal/h	328986.41	328986.41	366970.63	366970.63
Necesidades energéticas digestor	kcal/h	121228.92	45618.31	117247.30	44291.11
Rendimiento de la combustión de biogás	%	80.00	80.00	80.00	80.00
Necesidades caloríficas requeridas	kcal/h	145474.70	54741.97	140696.76	53149.33
Caudal de biogás necesario	Nm3/h	27.98	10.53	27.06	10.22
Fracción sobre caudal de biogás generado	%	44.22	16.64	38.34	14.48
Comprobación caudal		OK	OK	OK	OK
TURBINAS DE BIOGÁS					
Caudal de biogás necesario	Nm3/h	27.98	10.53	27.06	10.22
Necesidades energéticas máximas caldera	Kcal/h	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00
Caudal de biogás máximo caldera	Nm3/h	28.85	28.85	28.85	28.85
Nº turbinas biogás operativas	uds	1.00	1.00	1.00	1.00

Caudal unitario adoptado turbinas	Nm3/h	30.00	30.00	30.00	30.00
GASÓMETRO					
Presión máxima almacenamiento	atm	1.05	1.05	1.05	1.05
Temperatura máxima almacenamiento	°C	35.00	35.00	35.00	35.00
Volumen medio diario de gas almacenado	m3/h	1631.52	1631.52	1819.89	1819.89
Volumen máximo diario de gas almacenado	m3/h	1987.49	1987.49	2216.96	2216.96
Volumen gasómetro existente	m3	330.00			
Tiempo de retención a caudal medio	h	4.85	4.85	4.35	4.35
Tiempo de retención a caudal máximo	h	3.98	3.98	3.57	3.57
Almacenamiento sobre producción media	%	20.23	20.23	18.13	18.13

El biogás en exceso se enviará directamente hacia una nueva antorcha de 110 Nm3/h de capacidad, ya que el sistema de agitación por lanzas, diseñado y ejecutado inicialmente en la EDAR, será sustituido debido a su incapacidad de tratamiento y su necesidad de ampliación y mejora por un sistema de agitación hidráulica (ROTAMIX o similar). Se realizará por tanto una agitación hidráulica del fango, mediante su captación desde el fondo del digestor y su impulsión a través de una serie de boquillas colocadas estratégicamente, induciendo un flujo uniforme en la periferia y un flujo vorticial en el centro del digestor. Los componentes del sistema de agitación hidráulica (ROTAMIX o similar) son:

- 2 boquillas dobles en el fondo del digestor.
- 2 boquillas simples en los laterales.
- 1 boquilla simple tipo "foam buster" en la pared lateral.
- 1+1R bombas trituradoras de 575-700 m3/h.



El sistema de agitación hidráulica (tipo ROTAMIX o similar) ofrece las siguientes ventajas respecto a otros sistemas de agitación:

- Se evita de forma eficaz la formación de espumas y sedimentación de fangos
- No interfiere en los aspectos constructivos de la cúpula del digestor, pudiéndose realizar más ligera al no situarse equipos sobre ella
- Permite la posibilidad de vaciar el digestor sin necesidad de equipos auxiliares, ya que se utiliza la propia bomba de recirculación como bomba de vaciado

- No hay elementos móviles dentro del digestor
- Instalación rápida y sencilla
- El uso de bombas trituradoras como elemento de recirculación provoca que las partículas sólidas reduzcan su tamaño, con lo cual son más fácilmente digeribles por el sistema biológico del interior del digestor
- Se reducen los gradientes de temperatura dentro del digestor, mejorando el proceso de digestión

De esta forma, se logra una adecuada homogeneización de los fangos que permita mantener una temperatura uniforme en todo el digestor y mejore el contacto entre el sustrato y las bacterias.

Para la puesta en marcha del digestor (y en ocasiones de emergencia), se proyecta un sistema de alimentación de las calderas con gasoil formado por 1+1R bombas de 20 L/h y un depósito de 5 m³, con capacidad suficiente para la alimentación de las calderas por un periodo superior a una semana. Dicho sistema se renovará debido a su estado de obsolescencia por otro de mayor eficiencia:

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE GASOIL					
Capacidad calorífica que es necesario cubrir	kcal/h	121228.92	45618.31	117247.30	44291.11
Poder calorifico medio del gasoil	kcal/l	8500.00	8500.00	8500.00	8500.00
Rendimiento de la combustión del gasoil	%	80.00	80.00	80.00	80.00
Necesidades horarias de gasoil	L/h	17.83	6.71	17.24	6.51
Volumen diario necesario de gasoil	m3/d	0.43	0.16	0.41	0.16
Previsión de almacenamiento de gasoil	d	7.00	7.00	7.00	7.00
Necesidades de almacenamiento de gasoil	m3	3.00	1.13	2.87	1.09
Número de depósitos de gasoil instalados	Uds.	1.00			
Capacidad depósito de gasoil adoptado	m3	5.00			

Para la correcta consecución del proceso de digestión se plantea proyectar un sistema de regulación del pH, inexistente en la actualidad. La acidificación del digestor es un fenómeno que puede darse en cualquier momento de su funcionamiento, la cual de no combatirse a tiempo puede producir la inhibición total del proceso de digestión. Concretamente, en la EDAR de El Ejido se ha calculado que un pH inferior a 5.80 produciría una desestabilización irreversible en el proceso de digestión.

Como consecuencia, **se ha dimensionado un sistema de seguridad para la dosificación de 1000 L/h de NaOH al 50% cuando el pH del sistema baje de 6.50**, de forma que se neutralice el exceso de ácidos presentes en el fango y se mantenga el pH en un valor mínimo de 6.80, apropiado para que tengan lugar los procesos llevados a cabo por las bacterias metanogénicas. **Para el almacenamiento de sosa se ha proyectado un depósito de 10 m³ de capacidad.**

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DOSIFICACIÓN DE SOSA					
Temperatura	°C	35.00	35.00	35.00	35.00
pk1		6.31	6.31	6.31	6.31
pH1		6.80	6.80	6.80	6.80
HCO3-/H2CO3 a pH1		3.10	3.10	3.10	3.10
% C como HCO3-		0.76	0.76	0.76	0.76
C como HCO3-		3923.10	3923.10	5273.31	5273.31
HCO3- a pH1	mgHCO3-/L	19942.44	19942.44	26805.98	26805.98
Moles HCO3- a pH1	M	0.33	0.33	0.44	0.44
Alcalinidad considerada a pH1	mgCaCO3/L	16346.26	16346.26	21972.11	21972.11
pH2 (Valor real)		6.50	6.50	6.50	6.50
HCO3-/H2CO3 a pH2		1.55	1.55	1.55	1.55
% C como HCO3-		0.61	0.61	0.61	0.61
C como HCO3-		3157.08	3157.08	4243.64	4243.64
HCO3- a pH2	mgHCO3-/L	16048.48	16048.48	21571.85	21571.85
Moles HCO3- a pH2	M	0.26	0.26	0.35	0.35
Alcalinidad considerada a pH2	mgCaCO3/L	13154.49	13154.49	17681.84	17681.84

Diferencia	M	0.06	0.06	0.09	0.09
PM NaOH	g/mol	40.00	40.00	40.00	40.00
Adición de NaOH necesaria	kgNaOH/m ³	2.55	2.55	3.43	3.43
Volumen digestor	m ³	2116.57	2116.57	2116.57	2116.57
Adición total	kgNaOH	5404.49	5404.49	7264.54	7264.54
Riqueza	%	50.00	50.00	50.00	50.00
Densidad	kg/L	1.52	1.52	1.52	1.52
Adición necesaria	m ³	7.11	7.11	9.56	9.56
Volumen depósito adoptado	m ³	10.00			
Tiempo dosificación	h/d	8.00	8.00	8.00	8.00
Nº bombas activas	uds	1.00	1.00	1.00	1.00
Nº bombas reserva	uds	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal bomba necesario	L/h	888.90	888.90	1194.83	1194.83
Caudal bomba adoptado	L/h	1000.00			

Con el fin de evitar el deterioro de las turbinas y calderas de la línea de gas, se ha proyectado un **sistema para llevar a cabo la precipitación del sulfuro contenido en el biogás, consistente en un sistema de dosificación de FeCl₃**.

Se proyecta para la eliminación del sulfuro la dosificación de cloruro férrico mediante 1+1R bombas de 0-30 L/min. Para el almacenamiento del reactivo se dispondrá de un depósito de 3.50 m³.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
CARACTERÍSTICAS FECL3					
Riqueza	%	40.00			
Densidad	g/ml	1.43			
Concentración	g/L	572.00			
2FeCl3 + 3 HS- ↔ Fe2S3+ 3HCl+ 3Cl-					
Necesidades de Hierro	mg/L	302.22	302.22	365.88	365.88
Necesidades de Tricloruro de hierro	mg/L	876.98	876.98	1061.71	1061.71
Necesidades diarias de tricloruro de hierro	g/d	92788.27	92788.27	107986.66	107986.66
Necesidades diarias de tricloruro de hierro	L/d	162.22	162.22	188.79	188.79
Necesidades horarias de tricloruro de hierro	L/h	6.76	6.76	7.87	7.87
Fe2+ + HS- ↔ FeS+ H+					
Necesidades de Hierro	mg/L	453.33	453.33	548.82	548.82
Necesidades de Tricloruro de hierro	mg/L	1315.46	1315.46	1592.56	1592.56
Necesidades diarias de tricloruro de hierro	g/d	139182.40	139182.40	161979.98	161979.98
Necesidades diarias de tricloruro de hierro	L/d	243.33	243.33	283.18	283.18
Necesidades diarias de tricloruro de hierro	L/h	10.14	10.14	11.80	11.80
ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN FECL3					
Necesidades	L/h	10.14	10.14	11.80	11.80
Rendimiento de la reacción	%	60.00	60.00	60.00	60.00
Necesidades reales	L/h	16.90	16.90	19.67	19.67
Número de bombas dosificadoras activas	uds	1	1	1	1
Número de bombas dosificadoras reserva	uds	1	1	1	1
Caudal necesario	L/h	16.90	16.90	19.67	19.67
Capacidad máxima necesaria	L/h	19.67			
Bomba seleccionada	L/h	30.00			
Tiempo de almacenamiento	d	7.00			
Necesidades de depósito	m3	2.84	2.84	3.30	3.30
Depósito seleccionado	m3	3.50			

El control del sistema de desulfuración vendrá comandado por un **analizador en continuo de la composición de biogás**, de nueva adquisición, donde se podrá visualizar la concentración de H₂S y O₂ para mandar la orden de marcha del sistema de dosificación de cloruro férrico, además de realizarse un seguimiento de la calidad del biogás en cuanto a CH₄ y CO₂.

5.4. ACUMULACIÓN DE FANGOS DIGERIDOS

Los fangos una vez digeridos se acumulan junto a los fangos bypassados en el depósito tampón-existente, de 11.00 m de diámetro y 332.62 m³ de capacidad, para su almacenamiento previo a la etapa de deshidratación. Como se aprecia en la tabla inferior, se ha podido constatar que dicho depósito posee las dimensiones adecuadas, dentro de esta solución integradora, para llevar a cabo su función de espesado y acumulación durante, al menos, los fines de semana:

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DEPÓSITO TAMPÓN					
Diámetro depósito	m	11.00			
Superficie depósito	m2	95.03			
Altura depósito	m	3.50			
Volumen depósito	m3	332.62			
Caudal horario fangos digeridos	m3/h	14.00	14.00	14.00	14.00
Peso de fangos digeridos	kg/d	1840.03	1840.03	1562.95	1562.95
Concentración fangos digeridos	kg/m3	17.39	17.39	15.37	15.37
Caudal horario fangos biológicos	m3/h	40.00	40.00	40.00	40.00
Peso de fangos biológicos	kg/d	1457.42	1457.42	2966.04	2966.04
Concentración fangos biológicos	kg/m3	35.00	35.00	35.00	35.00
Caudal horario total	m3/h	54.00	54.00	54.00	54.00
Peso de fangos total	kg/d	3297.45	3297.45	4528.99	4528.99
CONDICIONES OPERATIVAS					
Carga hidráulica < 1.40	m/h	0.57	0.57	0.57	0.57
Tiempo de retención hidráulico > 48	h	69.44	69.44	52.25	52.25
Carga de sólidos < 90	kgMS/m2d	34.70	34.70	47.66	47.66

Sin embargo, debido a su estado actual de conservación, se ha proyectado la reparación e impermeabilización del mismo. Las tareas asociadas a la rehabilitación del depósito tampón son las mismas que en el espesador de fangos primarios.

6. RESUMEN DE LAS ACTUACIONES A REALIZAR

Como resumen, las obras de rehabilitación del digestor y de su equipamiento asociado, consistirán en:

- Desmontaje del equipamiento existente: retirada de toda la calderería (tuberías de fango frío, fango caliente, agua caliente, tuberías de gas, así como de vaciados), retirada de bombas de recirculación de fango para calentamiento, retirada de calderas, retirada de bombas de agua caliente y conducciones. La totalidad de la valvulería será igualmente eliminada.
- Impermeabilización y aislamiento del digestor existente.
- Apertura de huecos para pasamuros necesarios para nuevo sistema de agitación GAS-MIX.
- Montaje de nueva calderería.
- Montaje de nuevos equipos mecánicos: Sistema de recirculación para calentamiento de fangos (bombas, calderería, válvulas e intercambiadores), sistema de calentamiento de fangos (bombas de agua caliente, descalcificador, válvulas, calderas y chimeneas), depósito de gasoil y bombas de aporte de combustible.
- Bombeo de fangos primarios (y/o secundarios) a digestión, puesto que las bombas existentes solo permiten su bombeo a depósito tampón.
- Ejecución de obra civil y equipo mecánico para el tamizado de fangos primarios (antes de su espesado por gravedad).
- Rehabilitación de espesador de gravedad.

- Rehabilitación de depósito tampón (espesador de fangos digeridos).
- Sistema para control de sulfhídrico: sistema de dosificación de tricloruro de hierro.
- Sistema para control de pH: Sistema de dosificación de sosa a fangos.
- Instrumentación: Caudalímetros de fangos a digestión, sensor de pH de los fangos en digestión, medidor de concentración de biogás, medidor de sólidos en fangos a espesado mecánico...

7. VALORACIÓN DE LAS ACTUACIONES

1 OBRA CIVIL	390.236,34
2 EQUIPOS MECANICOS	954.254,37
3 EQUIPOS ELECTRICOS Y DE CONTROL	79.500,00
4 GESTIÓN DE RESIDUOS.....	22.472,00
5 SEGURIDAD Y SALUD.....	28.196,00

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	1.474.658,71
13,00 % Gastos generales.....	191.705,63
6,00 % Beneficio industrial.....	88.479,52

SUMA DE G.G. y B.I.	280.185,15
21,00 % I.V.A.	368.517,21

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL 2.123.361,07

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DOS MILLONES CIENTO VEINTITRES MIL TRESCIENTOS SESENTA Y UN EUROS con SIETE CÉNTIMOS

8. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

DOCUMENTO nº 1: MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA:

ANEJO Nº1: DATOS DE PARTIDA

ANEJO Nº2: CÁLCULO DE PROCESO

ANEJO Nº3: CÁLCULOS HIDRÁULICOS

DOCUMENTO nº 2: PLANOS

DOCUMENTO Nº 3: PRESUPUESTO

ANEJO Nº1.- ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DOTACIONES

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1.	SITUACIÓN ACTUAL Y PROBLEMÁTICA DE LAS INFRAESTRUCTURAS Y/O SISTEMAS DE DEPURACIÓN	3
1.1.1.	SITUACIÓN ACTUAL Y ENTORNO	3
1.1.2.	INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES.....	3
1.1.3.	INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES.....	4
2.	ANÁLISIS POBLACIONAL	6
2.1.	METODOLOGÍA.....	6
2.2.	ANÁLISIS.....	6
3.	ANÁLISIS DE CAUDALES	8
3.1.	METODOLOGÍA.....	8
3.2.	ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS DE AGUA POTABLE	11
3.3.	ANÁLISIS DE LOS CAUDALES DE ENTRADA A LA EDAR	11
3.4.	ANÁLISIS DE LOS CAUDALES DE ENTRADA A LA EDAR	11
4.	AJUSTE DEL MODELO Y CÁLCULO DE LOS DATOS DE PARTIDA	12
5.	CONCLUSIONES	12

1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 91/271 CEE impone que todas las poblaciones dispongan de un tratamiento adecuado de las aguas residuales. El cumplimiento de esta Directiva no implica exclusivamente el que se ejecuten las pertinentes obras de infraestructura sanitaria, sino el que éstas, una vez construidas, se gestionen de manera eficiente. Por lo tanto, el gran reto que supone el dar cumplimiento a las disposiciones de la Directiva, no es tan sólo el disponer de los ingentes recursos económicos que se precisan, sino también el que los municipios se doten de los instrumentos de gestión oportunos.

En la actualidad, el municipio de El Ejido cuenta con una EDAR que realiza la depuración de las aguas residuales mediante un proceso biológico por fangos activos, cuyo sistema de aireación está basado en soplantes y difusores. Para la estabilización de los fangos se dispone de un digestor anaeróbico, el cual permite generar metano que se emplea en el propio calentamiento de los fangos. Este digestor dejó de estar operativo prácticamente desde el inicio del funcionamiento de la EDAR. El tiempo que ha pasado, ha dejado fuera de uso todo el equipamiento asociado. Para su arranque y puesta en funcionamiento se precisa por tanto de importante actuación de renovación de equipamiento mecánico. Hay que tener presente que la capacidad de la EDAR no permite tratar adecuadamente la totalidad de los vertidos que actualmente llegan a la EDAR.

1.1. SITUACIÓN ACTUAL Y PROBLEMÁTICA DE LAS INFRAESTRUCTURAS Y/O SISTEMAS DE DEPURACIÓN

1.1.1. SITUACIÓN ACTUAL Y ENTORNO

La zona objeto del proyecto se encuentra dentro del término municipal de El Ejido, concretamente junto a la balsa de escorrentía existente en la Cañada Cabriles.



El municipio de El Ejido está formado por **14 núcleos de población**, con una población total de 84.005 habitantes.

Las aguas residuales del t.m. de El Ejido son depuradas en la actualidad por tres estaciones depuradoras gestionadas por el **Consorcio para el Ciclo Integral del Agua de uso Urbano en el Poniente Almeriense**, que son las siguientes:

- EDAR de El Ejido: recibe las aguas residuales de Almerimar, El Ejido, Santa María del Águila, Las Norias y La Redonda.
- EDAR Balerma: recibe las aguas residuales de Balerma y Balanegra (éste no perteneciente al municipio de El Ejido).
- EDAR de Roquetas de Mar: depura las aguas residuales del núcleo San Agustín (perteneciente a El Ejido).

La E.D.A.R. de El Ejido fue proyectada en 1998, y puesta en marcha en 2001. Fue diseñada para un caudal de 12.459 m³/día (suponiendo año horizonte 2014). Paralelamente, se ejecutaron los colectores dentro del marco del Proyecto de Colectores para las obras de interés general del Campo de Dalías (Almería), ejecutados por la empresa Ploder para la Cuenca Mediterránea Andaluza de la Agencia Andaluza del Agua, y cuyo proyecto de liquidación data de mayo de 2005.

El caudal medio de entrada para el año 2019 fue de unos 16.300 m³/d, lo cual implica que **las instalaciones están funcionando por encima de su caudal de diseño desde hace bastante tiempo**, lo que afecta al periodo de retención del agua y fangos en las distintas etapas del proceso.

En el año 2020 se redactó una memoria valorada con la finalidad de definir la situación actual de la EDAR y proponer las obras de ampliación necesarias de la infraestructura, para el año horizonte 2045 (horizonte de 25 años). El citado documento definía las actuaciones consideradas de mayor urgencia.

Como actuaciones relacionadas con la EDAR de El Ejido y que habrá de ser tenidos en cuenta en la redacción del Anteproyecto:

- OBRAS DE ACONDICIONAMIENTO Y MEJORA DE LOS TRATAMIENTOS TERCIARIOS DE LAS ESTACIONES DEPURADORAS (E.D.A.R.) DE EL EJIDO EN EL CAMPO DE DALÍAS (ALMERÍA). PROMOTOR: CONSEJERÍA AGRICULTURA, PESCA, AGUA Y DESARROLLO RURAL.
- PROYECTO DE AGRUPACIÓN DE VERTIDOS EN VARIOS NÚCLEOS EN LOS TT.MM. DE BALANEGRA, BERJA, DALÍAS Y EL EJIDO. En redacción actualmente por AIMA Ingeniería. PROMOTOR: CONSEJERÍA AGRICULTURA, PESCA, AGUA Y DESARROLLO RURAL.

Por último, comentar que para el año horizonte 2035 está previsto una ampliación de instalaciones reflejada en el "PLAN ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURAS DE ABASTECIMIENTO, SANEAMIENTO Y RIEGO DE EL EJIDO".

1.1.2. INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES

La EDAR de El Ejido dispone de un tratamiento biológico de fangos activos con aireación prolongada, además de un tratamiento terciario basado en ósmosis inversa.

Como datos generales, es importante indicar que actualmente el caudal de llegada a la planta se ve incrementado frecuentemente llegando en torno a 16.500 m³/día, por lo que **la planta se encuentra sobrepasada hidráulicamente**. Este problema se hace más evidente en el proceso de decantación secundaria, donde existen problemas para que el fango decante de manera correcta ya que está trabajando por encima de su caudal de diseño. Con referente al proceso terciario, **la capacidad teórica del tratamiento terciario actual es de 2,5 hm³/año**, aunque el sistema se encuentra en incapacidad de producción estable debido a los problemas de capacidad de la planta para gestionar el volumen tratado, y por tanto la imposibilidad de usar los filtros de arena existentes.

A continuación, se describe la línea de agua actual de la E.D.A.R.:

- Obra de llegada y by-pass.
- Pozo de gruesos y bombeo de agua bruta.
- Desbaste de sólidos.
- Desarenado –desengrasado.
- Medida de caudal y by-pass.
- Decantación primaria.
- Reactores biológicos.
- Decantación secundaria.

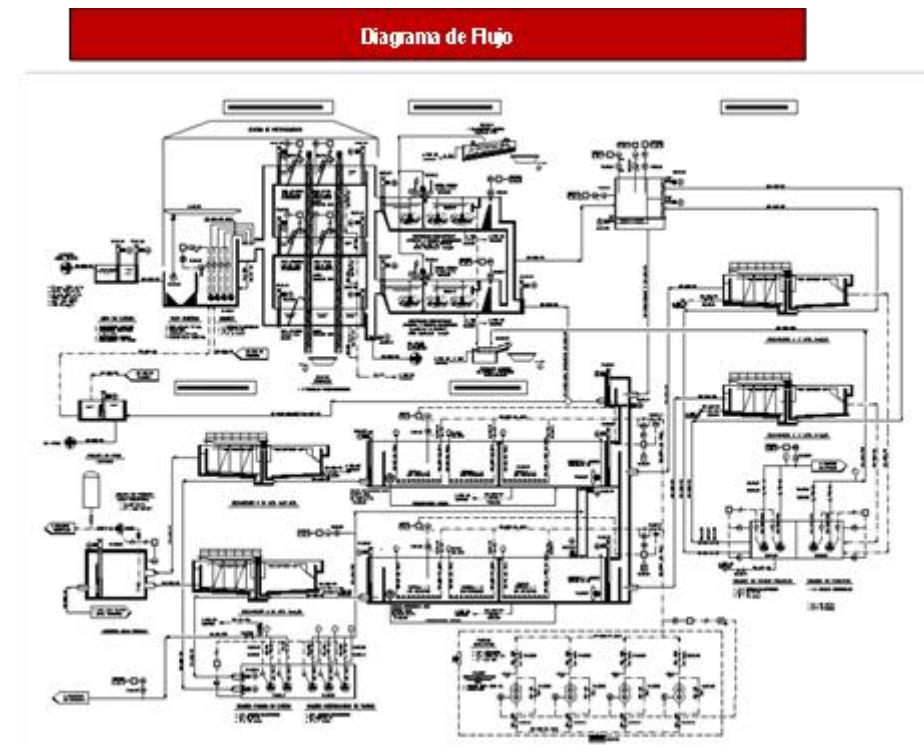
- Filtración de arena en continuo.
- Microfiltración.
- Ósmosis inversa.

La línea de fangos se está compuesta por los siguientes elementos:

- Bombeo de fangos de recirculación y fangos en exceso.
- Espesador de gravedad para fangos primarios.
- Espesador de flotación para fangos secundarios.
- Arqueta de homogenización de fangos y bombeo a digestión de fangos o depósito tampón.
- Digestión anaerobia (actualmente parada).
- Línea de gas (actualmente parada).
- Calefacción de fangos (actualmente parada).
- Deshidratación de fangos.
- Emisario agua tratada.



Comentar brevemente en este apartado que las obras de emergencia que se están llevando a cabo en la actualidad introducen ciertas modificaciones en relación al tratamiento terciario existente, que a modo muy resumido son: ampliación del número de filtros de arena de lavado en continuo, instalación de un proceso de micro filtración mediante discos rotativos y modificación de la línea de agua actual de la EDAR de El Ejido con la implantación de un sistema MBR o bioreactor de membranas.



1.1.3. INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES

Como se ha comentado en los epígrafes anteriores, el problema fundamental que presenta la infraestructura de depuración que nos ocupa es que en la actualidad existe un caudal de entrada superior al caudal de diseño.

Descripción de las instalaciones actuales

La E.D.A.R. de El Ejido se construyó en 1999 para dar tratamiento a un caudal de 12.459 m³/d mediante un proceso de fangos activos de media carga con digestión anaerobia de los fangos. La instalación se dotó inicialmente con un tratamiento terciario compuesto por microfiltración y ósmosis inversa. Posteriormente se le añadió un tratamiento de filtración mediante filtros de arena de limpieza en continuo. Ninguna de estas instalaciones del tratamiento terciario ha funcionado con continuidad. Como problemática principal hay que comentar que toda la infraestructura de depuración ha visto sus procesos minorados en su eficacia por el aumento de caudal influente, llegando algunos de ellos a estar en situaciones en que provocan el incumplimiento de la calidad del agua de salida a las pocas horas de causar avería (deshidratación de fangos, espesamiento de fangos).

Se hace a continuación un resumen del estado actual de la EDAR en base a las problemáticas actuales:

- Obra de llegada: puesto que la red de saneamiento municipal es unitaria, se están produciendo desbordes durante los episodios de lluvia, ya que para los caudales de diseño actuales, hidráulicamente es insuficiente. La problemática en el colector de entrada es que, básicamente al ser una red unitaria, puede producir desbordes, y es insuficiente. El problema mayor es la insuficiencia del bombeo EBAR Cañada de Ugíjar y su impulsión.



Arqueta de llegada y rebosadero

- Pretratamiento: compuesto por un pozo de gruesos con cuchara bivalva, bombeo a canales de desbaste, y edificio de pretratamiento con desarenador – desengrasador, clasificación de arenas y desnatador (véase fotografías en plano de Situación actual al final del presente apartado). Según información facilitada por la explotadora de la infraestructura, en la actualidad el sistema se encuentra al límite de su capacidad; en caso de avería de una línea no se podría realizar correctamente su función. Sería necesario una ampliación para aumentar el tiempo de retención de arenas y mejorar rendimiento de las bombas. Además, el pozo de gruesos presenta un acusado problema de olores por el exceso de sulfhídrico.



Pretratamiento

- Decantación primaria: la infraestructura está dotada de dos decantadores primarios circulares de gravedad de 17 m de diámetro y 3,0 m de calado cilíndrico. Los flotantes de los decantadores primarios son arrastrados hasta una caja emergida mediante una rasqueta superficial adosada al puente. Los flotantes son conducidos por gravedad hasta una arqueta anexa a los fangos primarios, de dimensiones 1,5 x 2,0 x 3,0 m, donde están situadas las bombas (1+1) sumergibles de caudal unitario 40 m³/h y 10 m.c.a. que impulsarán los flotantes hasta el desnatador. El sistema de eliminación de flotantes es poco efectivo, debiendo desatascar la arqueta y la poceta constantemente.



Decantador Primario

- Tratamiento secundario: El tratamiento biológico existente corresponde a unos fangos activados con media carga y aireación mediante difusores de membrana de burbuja fina alimentados por soplantes de émbolo rotativos, de levitación magnética y por aire. La aireación se efectúa mediante 3.280 domos de membrana de DN-178 mm sobre tuberías de PVC organizados en tres parrillas por reactor. La producción de aire se realiza mediante cuatro (3+1) soplantes de caudal unitario 3.600 Nm³/h las de levitación magnética y 4.375 Nm³/h las de levitación por aire y presión de servicio de 0,6 bar, dotadas de filtros en la aspiración con rendimiento del 90% para partículas superiores a 3 micras, silenciador, válvulas de seguridad y cabinas de insonorización. El tiempo de retención hidráulico y la edad del fango son menores que los valores de diseño. Al aumentar la concentración de sólidos en el reactor biológico, es necesaria una mayor capacidad de aireación, para la cual no está diseñada la parrilla de difusores de aire ni el sistema de soplantes.



Reactor biológico

- Decantación secundaria: existen dos decantadores secundarios circulares de gravedad de diámetro 24 m y calado cilíndrico 4,3 m., a los que se les instalaron lamelas en el perímetro para favorecer la retención de fangos. El tiempo de retención hidráulico es menor al de diseño, ocasionando problemas de mala decantación del fango, con problemas puntuales de “bulking”.



Decantador secundario

- Depósito almacenamiento de agua tratada: El agua procedente de los decantadores secundarios, antes del tratamiento terciario para su reutilización, se almacenará en un depósito de tipo cerrado.

Depósito de agua tratada



- Tratamiento terciario: Se dispone en la planta de un tratamiento terciario a base de microfiltración, desinfección y osmosis inversa; actualmente únicamente está en funcionamiento el filtro de arena; en la actualidad se están llevando a cabo las “OBRAS DE EMERGENCIA DE DEL ACONDICIONAMIENTO Y MEJORA DEL TRATAMIENTO

TERCIARIO DE LA EDAR“, que consisten en la ampliación del tratamiento terciario para dar tratamiento a 12.000 m³/d mediante la línea de agua actual de la depuradora: en el epígrafe 1.3 se desarrolla de forma resumida en qué consisten las obras.

- Bombeo de fangos en exceso y recirculación: Los fangos decantados son conducidos hasta la arqueta de bombeo de recirculación y exceso mediante tuberías de fundición DN 350 mm. Existen compuertas en las entradas de ambas tuberías para evitar el paso de los fangos a los decantadores en el caso que uno de ellos quede fuera de servicio. Dichas compuertas se encuentran deterioradas y agujereadas.



Bombeo recirculación

- Espesador de fangos primarios: Existe un espesador de gravedad de diámetro 8 m y 3 m de calada cilíndrica. La entrada de los fangos al espesador se realiza superficialmente en la parte central mediante tubería procedente del bombeo de fangos.



Espesador fangos primarios

- Digestor de fangos: a entrada de fangos se realiza en una arqueta situada en la cúpula del digestor, donde se mezclan con los fangos fríos procedentes del espesado, y los fangos calientes de recirculación. Los fangos digeridos se conducen hasta un espesador por gravedad o depósito tampón que sirve como depósito de almacenamiento previo a la deshidratación, y para aumentar la concentración de fangos y mejorar los rendimientos del secado.



Digestor de fangos

- Deshidratación de fangos: los fangos una vez digeridos, son deshidratados mediante un sistema mixto de filtros banda y centrífuga instalada de emergencia en diciembre de 2019, para poder tratar los fangos generados hasta un total de 500 tn mensuales. Esta situación permite gestionar los fangos actuales, pero quedando a expensas de una posible avería en los equipos de filtros banda, con más de 20 años de funcionamiento, que crearía un problema de tratamiento de los fangos.



Edificio deshidratación

- Línea de gas: el gas producido en digestión es almacenado para su utilización en el proceso de calefacción de los fangos, previéndose además un circuito de by-pass para quemado del gas en exceso. Existe un gasómetro de membrana con un volumen de almacenamiento de 330 m³, correspondiente al 20% de la producción diaria. En la actualidad está fuera de uso, siendo objeto de este anteproyecto.
- Emisario de salida: compuesto tramos de diámetro variable entre 350 y 600 mm, con una longitud total de 8.989 m. Tanto el tramo terrestre como el submarino, con el paso de los años ha ido viendo disminuida su longitud inicial. El diámetro es insuficiente puesto que el caudal de entrada se ha sobrepasado de manera elevada en los últimos años, aumentando por tanto el caudal de salida del efluente, por lo que será necesario aumentar el diámetro del mismo.

2. ANÁLISIS POBLACIONAL

2.1. METODOLOGÍA

Para determinar la población a considerar en el diseño, tanto en el escenario actual como en escenario futuro, se ha partido de la serie histórica actualizada de datos de población del Instituto Nacional de Estadística y se ha empleado para la determinación de los valores de población a futuro según una metodología estadística distinta a la comúnmente utilizada en estos casos. Así, se lleva a cabo una prognosis mediante análisis estadístico (evitando el empleo de métodos como MOPU, crecimiento aritmético, geométrico, etc. utilizados en planificación de infraestructura de carreteras en los años 80).

La información necesaria para la realización de este anejo de población y dotaciones está formada por los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), y la empresa explotadora Depuración Poniente Almeriense UTE, así como el propio ayuntamiento de El Ejido.

Se analizan datos poblacionales, caudales medidos a la entrada del tratamiento biológico de la EDAR, y parámetros de contaminación del agua residual de entrada. Sería importante a futuro completar el análisis con los volúmenes de agua potable facturados por bimestres durante los 3 últimos años. Se analizan caudales medios, mínimos y máximos, así como coeficientes de caudal punta.

Para dar validez a los datos de partida, éstos deben ser coherentes con las medidas de caudal de entrada a la EDAR (caudales medios, punta y mínimos, así como coeficientes punta), los parámetros de contaminación históricos, los resultados de la campaña analítica, y con los consumos históricos de agua potable.

2.2. ANÁLISIS

Llevar a cabo la prognosis de la población que vierte a la EDAR de El Ejido, requiere del análisis poblacional de los núcleos urbanos conectados a la EDAR.

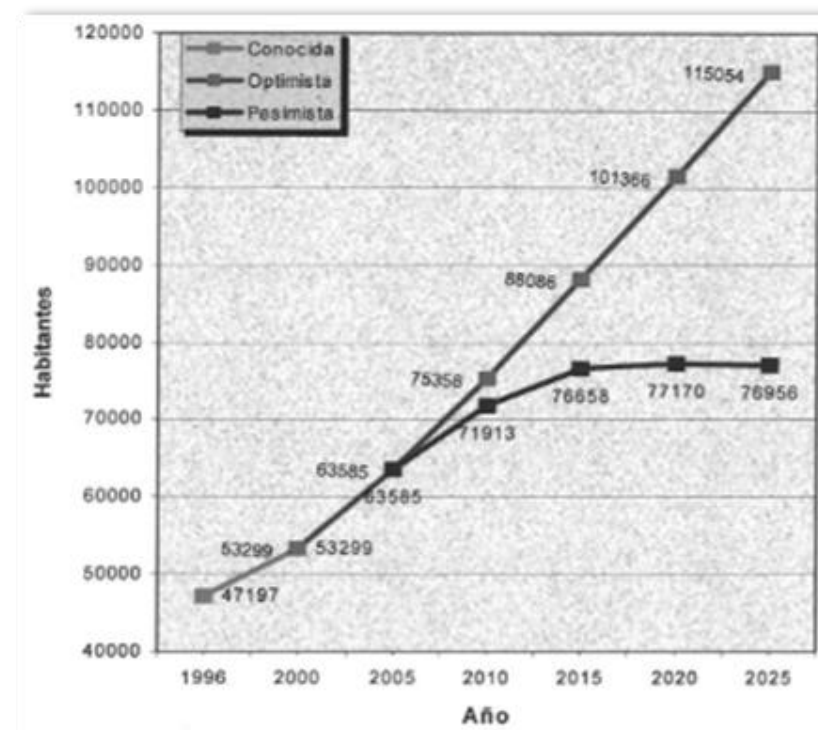
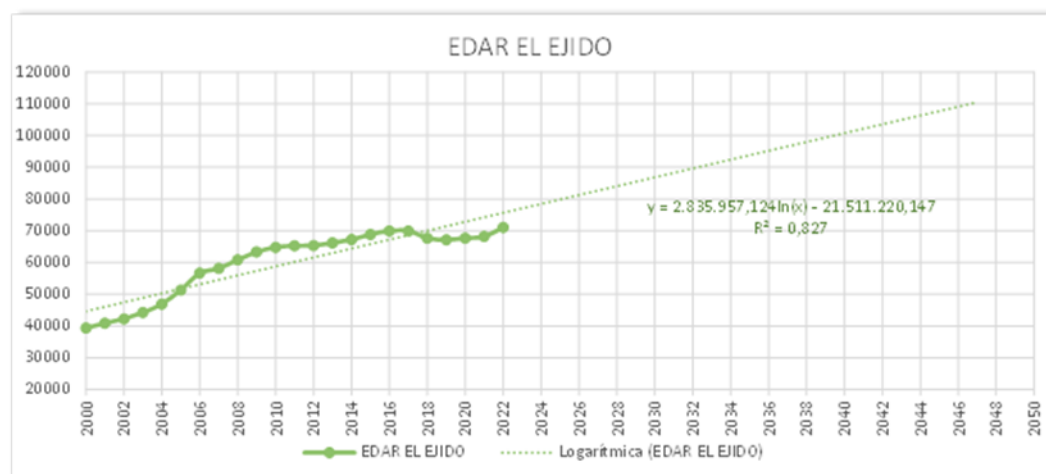
Para el proyecto se ha considerado un horizonte de 25 años, por lo que se ha adoptado el año 2023 como año de partida y el año 2048 como año horizonte.

El Instituto Nacional de Estadística ha facilitado los siguientes datos poblacionales para el municipio El Ejido. Se analizará pormenorizadamente la población del núcleo urbano para poder llevar a cabo posteriormente un análisis global de la población total de la EDAR a considerar a futuro. La población conectada a la EDAR se corresponde con las poblaciones del núcleo de El Ejido.

Si consideramos todos los datos disponibles en la actualidad y hacemos el correspondiente análisis estadístico podremos comprobar la realidad poblacional y la prognosis (los núcleos conectados a la EDAR se han marcado en rojo en la tabla):

Unidad Poblacional	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
000000 EJIDO (EL)	53008	55710	57063	61265	63914	68828	75969	78105	80987	84227	85389	83774	83104	82983	84144	85961	88752	88096	84710	83594	83758	84005
000100 ENSENADA SAN MIGUEL	1433	1778	2103	2687	3165	3617	4367	4839	5465	5893	6246	6487	6804	7055	7337	7547	7880	8221	8289	8540	9023	9574
000101 ALMERIMAR	1433	1778	2103	2687	3165	3617	4367	4839	5465	5893	6246	6487	6804	7055	7337	7547	7880	8221	8289	8540	9023	9574
000200 BALEMA	3317	3427	3495	3582	3650	3866	4113	4130	4265	4298	4380	4455	4533	4522	4575	4726	4937	4798	4695	4637	4586	4619
000201 BALEMA	2953	3010	3071	3072	3143	3369	3598	3603	3788	3875	3944	4022	4120	4130	4191	4342	4493	4389	4289	4253	4234	4271
000299 "DISEMINADO"	364	417	424	510	507	497	515	527	477	423	436	433	413	392	384	384	444	409	406	384	352	348
000300 EJIDO (EL)	29363	30312	31156	32565	34345	37319	40637	41228	42638	44500	44965	44780	44447	44595	45126	46102	46535	46443	44842	44337	44506	44428
000301 EJIDO (EL)	28788	29521	30311	31207	33016	36051	38963	39597	41062	42577	43132	43320	43207	43510	43967	44972	45601	45625	43984	43513	43687	43671
000399 "DISEMINADO"	575	791	845	1358	1329	1268	1674	1629	1556	1923	1833	1460	1240	1085	1159	1130	934	918	858	824	819	757
000400 GUARDIAS VIEJAS	282	301	351	480	504	560	566	511	545	512	519	518	508	461	476	498	538	608	580	565	549	572
000401 GUARDIAS VIEJAS	169	163	178	218	240	284	206	143	168	162	166	172	167	169	192	203	208	285	285	279	270	301
000402 PARAISO AL MAR	34	42	53	86	87	106	168	179	179	181	178	173	179	148	133	139	140	137	127	122	126	127
000499 "DISEMINADO"	79	96	120	176	177	170	192	189	198	169	175	173	162	144	151	156	190	186	168	164	153	144
000500 MATAGORDA	1990	2042	2026	2372	2352	2304	2483	2541	2453	2266	2242	2154	2173	2122	2143	2188	2346	2257	2163	2129	2119	2082
000501 MATAGORDA	1355	1360	1363	1457	1457	1473	1530	1507	1508	1507	1493	1464	1479	1460	1414	1437	1483	1399	1336	1325	1320	1310
000599 "DISEMINADO"	635	682	663	915	895	831	953	1034	945	759	749	690	694	662	729	751	863	858	827	804	799	772
000600 NORIAS (LAS)	4680	5219	5387	6151	6404	6964	7854	8577	8995	9603	9963	9306	8954	8820	8951	9227	9457	9206	8549	8262	7948	7844
000601 NORIAS (LAS)	3073	3305	3502	3942	4167	4581	5336	5606	5887	6221	6540	6568	6474	6636	6845	7110	7172	7042	6556	6389	6161	6134
000602 SAN SILVESTRE	272	307	296	297	308	359	355	404	421	431	430	402	409	418	390	368	465	458	441	406	380	377
000699 "DISEMINADO"	1335	1607	1589	1912	1929	2024	2163	2567	2687	2951	2993	2336	2071	1766	1716	1749	1820	1706	1552	1467	1407	1333
000700 PAMPANICO	1403	1451	1424	1415	1398	1370	1322	1279	1239	1239	1230	1204	1234	1214	1177	1169	1260	1226	1188	1164	1128	1096
000701 PAMPANICO	866	867	841	851	854	836	860	872	859	868	879	876	881	878	856	839	829	816	787	768	767	752
000799 "DISEMINADO"	537	584	583	564	544	534	462	407	380	371	351	328	353	336	321	330	431	410	401	396	361	344
000800 SAN AGUSTIN	2249	2419	2378	2857	2828	2960	3502	3708	4159	4101	3833	3312	3068	2835	2887	2908	3415	3167	2878	2739	2683	2626
000801 SAN AGUSTIN	1780	1773	1743	1708	1703	1799	1926	1855	1925	1946	1999	1930	1882	1933	2003	2033	2198	2064	1892	1819	1806	1827
000899 "DISEMINADO"	489	646	635	1149	1125	1161	1576	1853	2234	2155	1834	1382	1186	902	884	875	1217	1103	984	920	877	799
000900 SANTA MARIA DEL ÁGUILA	7278	7685	7689	8111	8198	8778	10011	10238	10208	10836	11058	10636	10441	10417	10542	10641	11137	10946	10403	10171	10185	10152
000901 REDONDA (LA)	150	213	222	274	257	237	249	368	311	255	268	273	258	246	238	214	209	192	174	170	162	157
000902 SANTA MARIA DEL ÁGUILA	5922	6087	6130	6142	6294	6858	7736	7731	8097	8381	8619	8637	8633	8745	8839	9023	9091	9005	8681	8563	8658	8688
000999 "DISEMINADO"	1206	1385	1337	1695	1647	1683	2026	2142	1800	2200	2172	1726	1550	1426	1464	1404	1837	1749	1548	1438	1365	1307
001100 TARAMBANA	1013	1076	1054	1045	1070	1090	1114	1055	1020	979	952	922	942	942	930	955	1247	1224	1125	1050	1031	1012
001101 CANALILLO (EL)	148	167	163	182	196	198	178	169	181	164	175	187	189	200	186	180	184	175	156	148	144	141
001102 TARAMBANA	317	362	356	412	428	481	539	495	485	506	492	468	496	479	494	501	520	516	484	465	457	430
001199 "DISEMINADO"	548	547	535	451	446	411	397	391	354	309	285	267	257	263	250	274	543	533	485	437	430	441
EDAR EL EJIDO	39366	40904	42268	44252	46899	51344	56651	58139	60842	63327	64805	65285	65376	66192	67227	68866	69953	69985	67684	67175	67691	68224
Tanto por uno a EDAR	0,74	0,73	0,74	0,72	0,73	0,75	0,75	0,74	0,75	0,75	0,76	0,78	0,79	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81	0,81

En la figura adjunta se muestra la evolución de la población censada desde el año 2000 (INE, 2023)



PROGNOSIS FUTURA

En relación a la **PROBLEMÁTICA** existente, como se ha indicado en principio la EDAR ampliada tendrá que dar servicio a una población futura con un tratamiento de depuración adecuado.

A la hora de realizar un análisis estadístico que nos dé un valor de población futura que consideremos del lado de la seguridad, podemos acudir a las correlaciones con mejor coeficiente de regresión de una serie de años (desde 1986 o desde el año 2000). En el caso de la EDAR de El Ejido, la tendencia general es creciente con un mejor ajuste a una regresión logarítmica. Teniendo en cuenta esto, la población a 25 años sería de unos 114.000 habitantes.

Según el planeamiento urbano vigente "REVISIÓN ADAPTACIÓN P.G.O.U. DE EL EJIDO" de 2009, se indicaba una horquilla de crecimiento poblacional de hasta un **máximo de 115.054 habitantes**, con lo que el suelo disponible no es un limitante para el crecimiento calculado estadísticamente.

ESTACIONALIDAD

Estimar la estacionalidad es fundamental para el diseño de la estación depuradora, porque debe de ser capaz de absorber las grandes puntas estacionales que los tres núcleos sufren en los meses de verano. El ámbito de actuación se encuentra enclavado dentro de una zona turística. Según información facilitada por Aguas de El Ejido, la estacionalidad más acusada del municipio se produce en los núcleos de Almerimar y Ejido Beach, con las siguientes estacionalidades:

- Almerimar: 3,10
- Ejido Beach: 2,78

En este respecto cabe mencionar que, tanto como nos trasladan en el Ayuntamiento como el Consorcio, el efecto de la estacionalidad a nivel municipal (global) y que pueda afectar a la EDAR no es relevante, puesto que la mayor parte de la

población estival que aumenta en los núcleos costeros (Almerimar y Ejido Beach) procede de los núcleos El Ejido y Santa María del Águila, por lo que el aumento a nivel municipal no es tan elevado.

Como conclusión tenemos los siguientes resultados de población estacional para el año horizonte considerado:

SUMA NÚCLEOS EDAR	COEF. ESTACIONALIDAD	POBLACIÓN ESTACIONAL		Dotación ZONA COSTA	2.023		2.050	
		2.021	2.050		Caudal medio diario (m³/día)	PERMANENTE	ESTACIONAL	Caudal medio diario (m³/día)
EL EJIDO	1,80	68.424	114.000	333	22.785	41.013	37.962	68.332

Deben analizarse los datos de consumos de agua potable, y estudiar exhaustivamente la presencia de población estacional y con el análisis tanto de consumos como de los aforos realizados en la entrada de la EDAR actual.

3. ANÁLISIS DE CAUDALES

3.1. METODOLOGÍA

Para entender una campaña de aforos y analítica y poder analizar los datos para su empleo en la determinación de los datos de partida es preciso realizar cálculos de acuerdo con la siguiente metodología:

ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LOS CAUDALES DE ENTRADA A LA EDAR

Los caudales están sometidos a variaciones estacionales, semanales, diarias y horarias. Por tal motivo, se deben tener en cuenta para el diseño los caudales punta y los caudales mínimos.

Para estimar el caudal punta, se debe conocer el coeficiente punta y el caudal medio. Numerosos autores han definido el cálculo del coeficiente punta, unos basándose en la población y otros en el caudal medio. Por nuestra experiencia, las fórmulas que mejores resultados dan, es decir, más se acercan a los “coeficientes punta” reales, son las fórmulas basadas en el caudal medio. En la tabla siguiente se pueden consultar los coeficientes punta obtenidos con distintos métodos:

Fuente	Fundamento	Caudal punta (L/s)
Giff (1945)	Caudal medio y población	$QD_p = \frac{5}{P_h^{1/6}} QD_m$
Babit (1952)	Caudal medio y población	$QD_p = \frac{5}{P_h^{0,2}} QD_m$
Stanley y Kaufman (1953)	Caudal medio y población	$QD_p = \left(1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_h}}\right) * QD_m$
Fair and Geyer (1954)	Caudal medio	$QD_p = \left(1 + \frac{18 + \sqrt{P_h}}{4 + \sqrt{P_h}}\right) * QD_m$
Catalá (1988)	Caudal medio	$QD_p = \left(1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}}\right) * QD_m$
MOPU (1983)	Caudal medio	$QD_p = \left(1,5 + \frac{2,575}{Q_m^{0,25}}\right) * QD_m$

Confederación Hidrográfica del Norte (1995)	Caudal medio	$QD_p = QD_m + 2,6 * (QD_m)^{0,7}$ si $QD_m > 2l/s$ $QD_p = 5,5 * (QD_m)^{0,2}$ si $QD_m < 2l/s$
ASCE Manual N°60	Caudal medio	$QD_p = (3,687 * QD_m^{-0,073}) * QD_m$
Gaines (1989)	Caudal medio	$QD_p = 2,18 * QD_m^{-0,064}$
AEAS (1992)	Caudal medio	$QD_p = K_h * K_s * K_{est} * QD_m$
Canal Isabel II (2005)	Caudal medio	$QD_p = 1,6 * (\sqrt{QD_m} + QD_m) < 3 * QD_m$

En el caso observarse que el coeficiente punta de caudal de entrada a la EDAR es notablemente inferior al estimado mediante el modelo de mejor ajuste (según campaña de aforos), se suele advertir de la existencia de un aporte de agua constante, cuya procedencia puede ser diversa: infiltración (niveles freáticos elevados unido a conducciones que carecen de estanqueidad), aporte de agotamientos (en fase de obras o por garajes bajo freático), incorporación de caudal de sistemas de riego (acequias), aporte de fugas en sistemas de abastecimiento que van a parar a saneamiento, etc. Esto suele confirmarse cuando los parámetros de contaminación en el agua residual que llega a la EDAR son igualmente bajos. De no confirmarse, existen varias posibilidades: Población no censada (sobre todo en zonas turísticas costeras de buen clima, o zonas de desarrollo con oportunidades de trabajo, como es el caso) o actividad industrial que incremente carga contaminante con el desarrollo de una actividad importante durante las 24 horas del día.

Estos datos, junto con los análisis de los consumos de agua potable facturados (que no nos han sido facilitados), nos permitirían determinar qué caudal de agua residual llega a la red de saneamiento y comprobar qué parámetros de contaminación resultarían. Si están acordes a los históricos de la EDAR y a los obtenidos en la campaña, se da el análisis por bueno. Si no es así, habría que ver qué ocurre. Parámetros de contaminación más altos de los esperados podrían obedecer a algún vertido industrial o una cantidad de población superior a la censada. Parámetros más bajos podrían indicar la existencia infiltraciones en la red de saneamiento o la existencia de una población real menor a la marcada por el censo.

Se dispone así de una buena herramienta para determinar qué está ocurriendo en una red, lo cual es una información muy valiosa para determinar de una manera eficiente los datos de partida actuales y futuros para llevar a cabo una correcta remodelación de la EDAR.

Es fundamental, por tanto, un buen análisis de los datos de partida que permita ajustar el diseño a la realidad tanto actual como futura.

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN

Los valores de concentración de los distintos parámetros de contaminación ayudarán a obtener, una vez tanteado los caudales de aporte además de los provenientes del consumo de agua potable, unos resultados adecuados para los coeficientes punta hidráulicos en caso de que la estimación realizada sea correcta.

Si por ejemplo se supone un aporte de dilución para que el coeficiente punta sea adecuado, y se calcula la concentración producida por la carga contaminante de la población censada suponiendo una carga por habitante de 60 gr/d de DBO5, si el resultado es similar al valor de DBO5 obtenido en campaña tendremos argumento suficiente para afirmar que el análisis es correcto.

Los resultados de la campaña analítica de 4 días realizada durante el mes de febrero de 2023 son los siguientes:

 Estudios Técnicos VICENOR S.L. C/ Almería, Parcela 8, P.I. Asegra C.P. 36210 Peligros (Granada) email: jperez@vicenor.com Teléfono: 67852295		FECHA VISITA: 12 febrero de 2022 MOTIVO VISITA: Campaña analítica EDAR El Ejido HORA COMIENZO: 11-2-23 11:00 HORA FINALIZACIÓN: 12-2-23 10:00	
PARTE DE TRABAJO DIARIO			
Datos cliente: EDAR EL EJIDO Nombre: Juan Carlos Pérez Arribas Empresa: AQUALIA Dirección: C.P.: Población: C.I.F.: Teléfono: Correo electrónico: JCPerezA@fcc.es			
TAREAS REALIZADAS		OBSERVACIONES	
Inspección general de las instalaciones			
Cálculo de proceso según los resultados analíticos		A raíz de los resultados obtenidos, y a falta del contraste con otras variables de especial importancia (consumos de agua potable, actividad industrial, etc.), los resultados parecen indicar: - que la población que vierte a la EDAR es considerablemente superior a la población censada en el municipio, - que hay presencia de infiltración en la red, - que la materia orgánica contenida en el agua residual es altamente biodegradable	
Cálculo del perfil de caudal de entrada durante las 24 horas previas a la visita		Necesario para obtener una muestra integrada de influente realmente representativa.	
Realización de ensayos de laboratorio		Los resultados obtenidos se recogen a continuación.	
 UNIVERSIDAD DE GRANADA RESULTADOS DE LOS ENSAYOS ANALÍTICOS REALIZADOS 11-12/02/2023			
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA			
PARÁMETRO	AGUA BRUTA	AGUA TRATADA	EFICIENCIA ELIMINACIÓN
Caudal diario de entrada	- m3/d		
DQO total	723,33 mg/L		
DQO soluble	293,33 mg/L		
DQO particulada	430,00 mg/L		
% DQO soluble	40,55 %		
DBO5	425,00 mg/L		
DBOu	pendiente mg/L		
SST	290,00 mg/L		
SSV	272,00 mg/L		
FSS	18,00 mg/L		
% SSV	93,79 %		
Amonio	70,00 mg NH4+/L		
Nitrato	0,19 mg NO3-/L		
N-NH3	54,44 mg N-NH3/L		
N-NO3	0,04 mg N-NO3/L		
NT	55,60 mg N/L		
pH	7,58		
Conductividad	2550,00 µS/cm		
CARACTERIZACIÓN DEL FANGO			
PARÁMETRO	REACTOR BIOLÓGICO	RECIRCULACIÓN/PURGA	FANGO ESPESADO
MLSS	mg/L	g/L	g/L
MLVSS	mg/L	g/L	g/L
% MLVSS	%	%	%
FSS	g/L	g/L	g/L
OUR	mg O2/L h	mg O2/L h	mg O2/L h
SOUR	mg O2/g h	mg O2/g h	mg O2/g h
V30	ml/L	ml/L	ml/L
CARACTERIZACIÓN DE LA DESHIDRATACIÓN			
PARÁMETRO	CENTRÍFUGAS	FIRMA CLIENTE	FIRMA TÉCNICO RESPONSABLE
SEQUEZAD FANGO	g/L		
% VSS	%		
DENSIDAD POLI	g/L		
VISCOSIDAD POLI	%		
SS CLARIFICADO	g/L		

 Estudios Técnicos VICENOR S.L. C/ Almería, Parcela 8, P.I. Asegra C.P. 36210 Peligros (Granada) email: jperez@vicenor.com Teléfono: 67852295		FECHA VISITA: 13 febrero de 2022 MOTIVO VISITA: Campaña analítica EDAR El Ejido HORA COMIENZO: 12-2-23 11:00 HORA FINALIZACIÓN: 13-2-23 10:00	
PARTE DE TRABAJO DIARIO			
Datos cliente: EDAR EL EJIDO Nombre: Juan Carlos Pérez Arribas Empresa: AQUALIA Dirección: C.P.: Población: C.I.F.: Teléfono: Correo electrónico: JCPerezA@fcc.es			
TAREAS REALIZADAS		OBSERVACIONES	
Inspección general de las instalaciones			
Cálculo de proceso según los resultados analíticos		A raíz de los resultados obtenidos, y a falta del contraste con otras variables de especial importancia (consumos de agua potable, actividad industrial, etc.), los resultados parecen indicar: - que la población que vierte a la EDAR es considerablemente superior a la población censada en el municipio, - que hay presencia de infiltración en la red, - que la materia orgánica contenida en el agua residual es altamente biodegradable	
Cálculo del perfil de caudal de entrada durante las 24 horas previas a la visita		Necesario para obtener una muestra integrada de influente realmente representativa.	
Realización de ensayos de laboratorio		Los resultados obtenidos se recogen a continuación.	
 UNIVERSIDAD DE GRANADA RESULTADOS DE LOS ENSAYOS ANALÍTICOS REALIZADOS 12-13/02/2023			
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA			
PARÁMETRO	AGUA BRUTA	AGUA TRATADA	EFICIENCIA ELIMINACIÓN
Caudal diario de entrada	15447,00 m3/d		
DQO total	760,00 mg/L		
DQO soluble	383,33 mg/L		
DQO particulada	376,67 mg/L		
% DQO soluble	50,44 %		
DBO5	465,00 mg/L		
DBOu	pendiente mg/L		
SST	292,00 mg/L		
SSV	278,00 mg/L		
FSS	14,00 mg/L		
% SSV	95,21 %		
Amonio	71,74 mg NH4+/L		
Nitrato	0,00 mg NO3-/L		
N-NH3	55,80 mg N-NH3/L		
N-NO3	0,00 mg N-NO3/L		
NT	56,94 mg N/L		
pH	7,57		
Conductividad	2500,00 µS/cm		
CARACTERIZACIÓN DEL FANGO			
PARÁMETRO	REACTOR BIOLÓGICO	RECIRCULACIÓN/PURGA	FANGO ESPESADO
MLSS	mg/L	g/L	g/L
MLVSS	mg/L	g/L	g/L
% MLVSS	%	%	%
FSS	g/L	g/L	g/L
OUR	mg O2/L h	mg O2/L h	mg O2/L h
SOUR	mg O2/g h	mg O2/g h	mg O2/g h
V30	ml/L	ml/L	ml/L
CARACTERIZACIÓN DE LA DESHIDRATACIÓN			
PARÁMETRO	CENTRÍFUGAS	FIRMA CLIENTE	FIRMA TÉCNICO RESPONSABLE
SEQUEZAD FANGO	g/L		
% VSS	%		
DENSIDAD POLI	g/L		
VISCOSIDAD POLI	%		
SS CLARIFICADO	g/L		

 Estudios Técnicos VICENOR S.L. C/ Almería, Parcela 8, P.I. Asegra C.P. 36210 Peligros (Granada) email: jperez@vicenor.com Teléfono: 67852295		FECHA VISITA: 14 febrero de 2022 MOTIVO VISITA: Campaña analítica EDAR El Ejido HORA COMIENZO: 13-2-23 11:00 HORA FINALIZACIÓN: 14-2-23 10:00	
PARTE DE TRABAJO DIARIO			
Datos cliente: EDAR EL EJIDO Nombre: Juan Carlos Pérez Arribas Empresa: AQUALIA Dirección: C.P.: Población: C.I.F.: Teléfono: Correo electrónico: JCPerezA@fcc.es			
TAREAS REALIZADAS		OBSERVACIONES	
Inspección general de las instalaciones			
Cálculo de proceso según los resultados analíticos		A raíz de los resultados obtenidos, y a falta del contraste con otras variables de especial importancia (consumos de agua potable, actividad industrial, etc.), los resultados parecen indicar: - que la población que vierte a la EDAR es considerablemente superior a la población censada en el municipio, - que hay presencia de infiltración en la red, - que la materia orgánica contenida en el agua residual es altamente biodegradable	
Cálculo del perfil de caudal de entrada durante las 24 horas previas a la visita		Necesario para obtener una muestra integrada de influente realmente representativa.	
Realización de ensayos de laboratorio		Los resultados obtenidos se recogen a continuación.	
 UNIVERSIDAD DE GRANADA RESULTADOS DE LOS ENSAYOS ANALÍTICOS REALIZADOS 13-14/02/2023			
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA			
PARÁMETRO	AGUA BRUTA	AGUA TRATADA	EFICIENCIA ELIMINACIÓN
Caudal diario de entrada	15139,00 m3/d		
DQO total	750,00 mg/L		
DQO soluble	293,33 mg/L		
DQO particulada	456,67 mg/L		
% DQO soluble	39,11 %		
DBO5	420,00 mg/L		
DBOu	pendiente mg/L		
SST	318,00 mg/L		
SSV	304,00 mg/L		
FSS	14,00 mg/L		
% SSV	95,60 %		
Amonio	68,73 mg NH4+/L		
Nitrato	1,27 mg NO3-/L		
N-NH3	53,45 mg N-NH3/L		
N-NO3	0,29 mg N-NO3/L		
NT	54,84 mg N/L		
pH	7,75		
Conductividad	2530,00 µS/cm		
CARACTERIZACIÓN DEL FANGO			
PARÁMETRO	REACTOR BIOLÓGICO	RECIRCULACIÓN/PURGA	FANGO ESPESADO
MLSS	mg/L	g/L	g/L
MLVSS	mg/L	g/L	g/L
% MLVSS	%	%	%
FSS	g/L	g/L	g/L
OUR	mg O2/L h	mg O2/L h	mg O2/L h
SOUR	mg O2/g h	mg O2/g h	mg O2/g h
V30	ml/L	ml/L	ml/L
CARACTERIZACIÓN DE LA DESHIDRATACIÓN		FIRMA CLIENTE	FIRMA TÉCNICO RESPONSABLE
PARÁMETRO	CENTRÍFUGAS		
SEQUEZAD FANGO	g/L		
% VSS	%		
DENSIDAD POLI	g/L		
VISCOSIDAD POLI	%		
SS CLARIFICADO	g/L		

 Estudios Técnicos VICENOR S.L. C/ Almería, Parcela 8, P.I. Asegra C.P. 36210 Peligros (Granada) email: jperez@vicenor.com Teléfono: 67852295		FECHA VISITA: 15 febrero de 2022 MOTIVO VISITA: Campaña analítica EDAR El Ejido HORA COMIENZO: 14-2-23 11:00 HORA FINALIZACIÓN: 15-2-23 10:00	
PARTE DE TRABAJO DIARIO			
Datos cliente: EDAR EL EJIDO Nombre: Juan Carlos Pérez Arribas Empresa: AQUALIA Dirección: C.P.: Población: C.I.F.: Teléfono: Correo electrónico: JCPerezA@fcc.es			
TAREAS REALIZADAS		OBSERVACIONES	
Inspección general de las instalaciones			
Cálculo de proceso según los resultados analíticos		A raíz de los resultados obtenidos, y a falta del contraste con otras variables de especial importancia (consumos de agua potable, actividad industrial, etc.), los resultados parecen indicar: - que la población que vierte a la EDAR es considerablemente superior a la población censada en el municipio, - que hay presencia de infiltración en la red, - que la materia orgánica contenida en el agua residual es altamente biodegradable	
Cálculo del perfil de caudal de entrada durante las 24 horas previas a la visita		Necesario para obtener una muestra integrada de influente realmente representativa.	
Realización de ensayos de laboratorio		Los resultados obtenidos se recogen a continuación.	
 UNIVERSIDAD DE GRANADA RESULTADOS DE LOS ENSAYOS ANALÍTICOS REALIZADOS 14-15/02/2023			
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA			
PARÁMETRO	AGUA BRUTA	AGUA TRATADA	EFICIENCIA ELIMINACIÓN
Caudal diario de entrada	15293,00 m3/d		
DQO total	763,33 mg/L		
DQO soluble	320,00 mg/L		
DQO particulada	443,33 mg/L		
% DQO soluble	41,92 %		
DBO5	445,00 mg/L		
DBOu	pendiente mg/L		
SST	324,00 mg/L		
SSV	300,00 mg/L		
FSS	24,00 mg/L		
% SSV	92,59 %		
Amonio	70,60 mg NH4+/L		
Nitrato	2,63 mg NO3-/L		
N-NH3	54,91 mg N-NH3/L		
N-NO3	0,59 mg N-NO3/L		
NT	56,64 mg N/L		
pH	7,67		
Conductividad	2500,00 µS/cm		
CARACTERIZACIÓN DEL FANGO			
PARÁMETRO	REACTOR BIOLÓGICO	RECIRCULACIÓN/PURGA	FANGO ESPESADO
MLSS	mg/L	g/L	g/L
MLVSS	mg/L	g/L	g/L
% MLVSS	%	%	%
FSS	g/L	g/L	g/L
OUR	mg O2/L h	mg O2/L h	mg O2/L h
SOUR	mg O2/g h	mg O2/g h	mg O2/g h
V30	ml/L	ml/L	ml/L
CARACTERIZACIÓN DE LA DESHIDRATACIÓN		FIRMA CLIENTE	FIRMA TÉCNICO RESPONSABLE
PARÁMETRO	CENTRÍFUGAS		
SEQUEZAD FANGO	g/L		
% VSS	%		
DENSIDAD POLI	g/L		
VISCOSIDAD POLI	%		
SS CLARIFICADO	g/L		

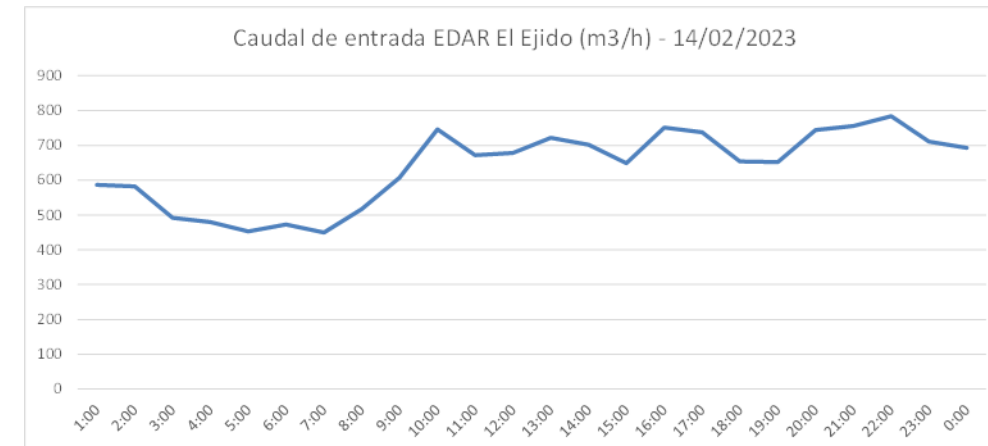
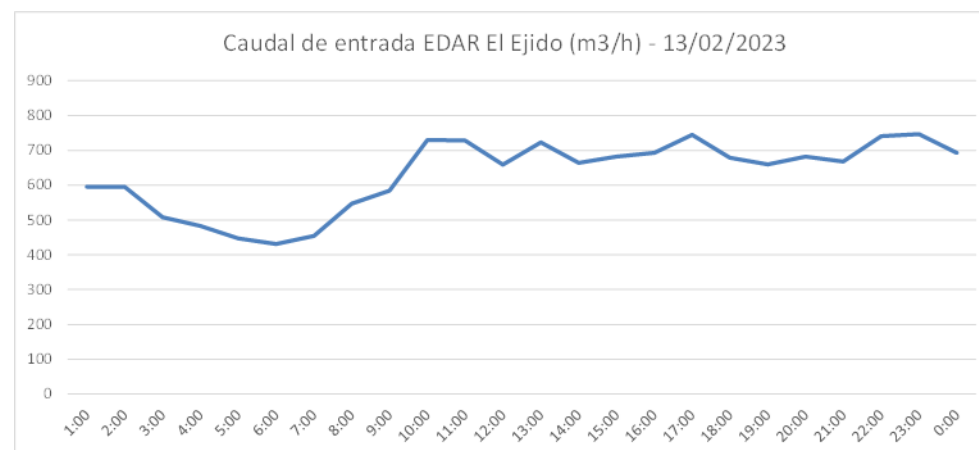
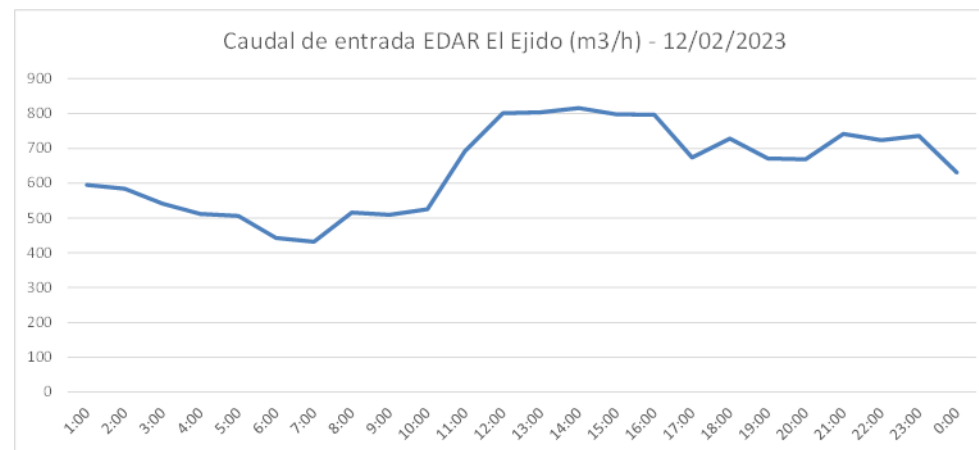
3.2. ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS DE AGUA POTABLE

Según el rango poblacional, la dotación en baja, debe estar en unos valores en torno a 120 – 130 L/hab·d (valor teórico puesto que no nos han sido facilitados estos datos). Con estos datos, y teniendo en cuenta que el porcentaje de agua que llegará a la red de saneamiento se puede considerar que está en torno al 85%, obtendríamos las dotaciones en saneamiento durante cualquier época del año.

3.3. ANÁLISIS DE LOS CAUDALES DE ENTRADA A LA EDAR

Puesto que se trata de una EDAR en funcionamiento, se dispone de registro de caudales de agua residual. En este caso, los datos registrados en la EDAR de El Ejido corresponden al caudal de entrada a tratamiento biológico.

Gracias al análisis de estos datos, es posible definir por un lado unos datos de partida fiables y representativos de la situación real actual y, por otro lado, permiten realizar un análisis de puntas de caudal para poder realizar el diseño para los distintos escenarios planteados, tanto actuales como futuros, siempre del lado de la seguridad.



Estas curvas de caudales han sido facilitadas por la empresa explotadora. Los coeficientes punta hidráulicos medidos durante estos días han oscilado entre los valores de 1.18 y 1.27. Con estos resultados hay que pensar que hay una incorporación homogénea durante todo el día (incluida la noche). La procedencia puede ser de agua limpia (infiltración, drenajes de edificios, ...) y para que los parámetros de contaminación sean los que se han medido, habría que pensar en la incorporación de vertidos industriales que incrementan la concentración. Entendemos que la explicación más lógica es esta: se incorpora una importante cantidad de agua limpia a lo que se unen vertidos industriales que hacen que la concentración aumente hasta los parámetros medidos.

3.4. ANÁLISIS DE LOS CAUDALES DE ENTRADA A LA EDAR

El objetivo de cualquier estudio que tenga como objetivo fijar los datos de partida para diseño de una EDAR, debe ser en primer lugar determinar el **escenario probable** de funcionamiento, y a partir de ahí fijar los datos de partida de diseño que permitan calcular para que la instalación funcione tanto en la actualidad como a futuro. Un buen diseño debe explicar los datos con los que se cuenta y a partir de ahí tomar decisiones. Por ejemplo, es fundamental estimar el caudal de dilución y el caudal de agua industrial, no sólo indicar que existe.

El análisis debe discriminar los caudales aportados según su procedencia: urbano, industrial y aportes de agua limpia (vía excedentes de riego, manantiales, aportaciones freáticas, ...). Es la única manera de plantear un ESCENARIO PROBABLE de funcionamiento para la EDAR. Considerar todas las aportaciones en un único parámetro, dotación, nos llevaría a hacer interpretaciones que desvirtúan el mencionado escenario probable, que será con el que realmente se tendrá que funcionar durante la fase de explotación y por tanto será los que habrá que considerar para diseño.

En la actualidad, se dispone de gran cantidad de datos de caudal aforado en la entrada de la EDAR. Son años de datos de aforo. Para entender una serie de datos de caudales de aforo y analítica y poder analizar los datos para su empleo en la determinación de los datos de partida es preciso realizar cálculos de acuerdo con la siguiente metodología:

La metodología de análisis podría resumirse de la siguiente manera y siguiendo los siguientes pasos:

- Análisis poblacional. Análisis estadístico de evolución.
- Análisis de consumos de agua facturados en baja en la zona que está conectada a la EDAR. Con esto podremos saber qué caudal debería llegar por el saneamiento hasta la EDAR.
 - Con estos datos y con la población analizada (por años), se calcula la dotación. Normalmente está en torno a 120-150 l/hab·d (esta dotación no depende del rango de población, porque sencillamente se ha comprobado por nuestra experiencia en multitud de núcleos de distinto tamaño. Los caudales facturados

llegan en un 80-90% a la red de saneamiento, por las pérdidas que ocurren en el uso y que finalmente no conectan a la red (riego de plantas, baldeos, ...).

- En función de los caudales y de la población, se estiman los coeficientes punta hidráulicos, en base a fórmulas obtenidas experimentalmente. Con esto se tiene conocimiento aproximado de caudales mínimos y puntas.
- Datos de caudal de entrada a la EDAR. Se deben obtener, mediante análisis de estos datos, los caudales medios, punta y mínimos, obteniéndose los coeficientes que relacionan los caudales punta y mínimos con los valores medios. Si no se corresponde con los datos caudales que teóricamente deberían llegar (tabla), y obtenidos del análisis de los consumos de agua, pueden ocurrir distintas situaciones, entre las que se encuentran:
 - Que el caudal sea coherente con los datos de facturación de agua potable – En este caso se comprueban los resultados de los análisis de cargas contaminantes, teniendo en cuenta que una persona vierte de media 60 gramos de DBO5 al día, aproximadamente lo mismo en SS y la DQO está aproximadamente en el entorno del doble. Si los valores teóricos de caudal, tanto medios como punta o mínimos, son del mismo orden que los registrados y las concentraciones de DBO5, DQO y SS, obtenidos de forma teórica, coinciden con los medidos, podremos dar el estudio por válido.
 - Si el caudal obtenido es muy superior al teórico, los coeficientes punta bajos, los mínimos elevados, y la carga contaminante reflejada en los distintos parámetros de contaminación, son valores bajos (respecto a los teóricos) podemos afirmar que existe aporte de agua limpia. Para estimar o cuantificar dichos aportes de aguas de dilución, habrá que tantear dicho volumen para que los valores resultantes de coeficientes punta y mínimos hidráulicos, y parámetros de contaminación sean del mismo rango que los teóricos.
 - Si el caudal es superior y la carga contaminante también, el aporte podría ser de significativa actividad industrial unida a aportes de agua de dilución. Para encajar los resultados, sería conveniente en este caso, hacer una analítica específica de la actividad industrial, de forma que se permita valorar adecuadamente los resultados y poder dar explicación a hidráulica y contaminación. También podría ser provocada por población no censada, pero en este caso, el volumen de agua facturado también sería mayor.
 - Si el caudal es significativamente inferior, las causas pueden ser varias. Tuberías de saneamiento en mal estado, población real no acorde con datos aportados por el INE,...

INFORMACIÓN RELATIVA A LA EDAR: Según el plan especial de infraestructuras de abastecimiento, saneamiento y riego de El Ejido, se tiene un coeficiente de estacionalidad de 2,78 para Almerimar y 1 para el resto. Esta información se deberá contrastar con los consumos facturados de agua potable y con los caudales registrados en la entrada a la EDAR durante años.

4. AJUSTE DEL MODELO Y CÁLCULO DE LOS DATOS DE PARTIDA

Las infiltraciones de agua limpia suelen proceder de acequias, fuentes, nacimientos, nivel freático elevado, etc., ya sea porque de manera intencionada se han llevado hasta la red de saneamiento o bien porque se producen injerencias no deseadas debido al mal estado de los colectores y a la existencia de una red no separativa. Generalmente, pueden presentar cierta estacionalidad, de manera que un incremento de las precipitaciones puede llevar consigo un incremento del volumen de agua de dilución, ya sea de manera directa (aumento del volumen de aguas pluviales en la red) o de manera indirecta (aumento del nivel freático, nacimientos, etc.).

Para el diseño de la EDAR a futuro sería un error mantener la dotación obtenida experimentalmente ya que se produciría un sobredimensionamiento de los equipos de la EDAR, puesto que dentro de la dotación unitaria calculada estaría incluido el volumen de infiltración. Por ello, es necesario estimar el volumen de infiltración y considerarlo de forma separada a la dotación unitaria real (excluyendo las aguas de dilución). Sería conveniente identificar los vertidos industriales, porque

incrementan el tamaño de la instalación y deberían ser tratadas específicamente por la empresa que genera estos vertidos. También sería conveniente trabajar en reducir aportes de agua limpia porque reducen la capacidad hidráulica de tratamiento de la EDAR.

5. CONCLUSIONES

A día de hoy, la EDAR se encuentra tratando un caudal de agua residual superior a su capacidad de diseño, trasladando también los problemas de funcionamiento a la línea de fangos, por lo que la EDAR se encuentra inmersa en un proceso de ampliación de la capacidad de tratamiento de la línea de agua mediante la transformación de uno de los reactores biológicos convencionales en un reactor biológico de membranas.

Como consecuencia, se requiere llevar a cabo la rehabilitación y mejora de la línea de fangos, de forma que la ampliación de la capacidad de espesado y la rehabilitación y puesta en marcha del digestor es imprescindible para reducir la cantidad de fangos generados en la EDAR y generar biogás para someterlo a cogeneración, siendo esto parte de una futura actuación, mejorando el funcionamiento de una EDAR que a día de hoy se encuentra funcionando por encima de sus capacidades.

Para llegar a la mejor solución, se ha llevado a cabo el análisis de los datos de población publicados por el INE, la información incluida en PGOU, así como de los datos de caracterización del agua residual realizados por E.T.VICENOR y de los datos de aforo facilitados por la explotadora durante la campaña analítica. A partir del análisis realizado y con el objetivo de conseguir unos datos de partida realistas y realmente representativos del agua que llega a la instalación, y por supuesto, del lado de la seguridad, se ha llevado a cabo un proceso iterativo hasta conseguir el encaje de todos los parámetros involucrados en el modelo de datos de partida.

Tras el análisis realizado, si se comparan los resultados experimentales reales con los valores que se han obtenido en los apartados anteriores para ser utilizados como datos de partida para el cálculo, se observa que éstos representan de manera coherente la situación real de la EDAR, por lo que pueden tomarse como datos de partida realmente representativos para las actividades de rehabilitación que se detallan en el presente anteproyecto.

ANEJO 2.- CÁLCULO DE PROCESO

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES..... 3

2. DATOS DE PARTIDA 3

3. CÁLCULO DE PROCESO 4

3.1 ESPESADO DE FANGOS 5

3.1.1 Espesado de fangos primarios 5

3.1.2 Espesado de fangos secundarios 6

3.2 DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE FANGOS 7

3.3 ACUMULACIÓN DE FANGOS DIGERIDOS..... 18

1. ANTECEDENTES

La EDAR de El Ejido es una planta convencional de fangos activos de media carga con estabilización anaeróbica del fango. Sin embargo, la etapa de estabilización no se encuentra operativa, habiéndose dejado fuera de servicio prácticamente desde su puesta en marcha por diversos fallos en su funcionamiento, diseño y construcción. En la actualidad, la línea de fangos de la EDAR consta de las siguientes etapas:

- **Extracción de fangos primarios:** se dispone de una arqueta conjunta para los 2 decantadores primarios existentes, desde la cual se extraen los fangos mediante 1+1R bombas sumergibles de 65 m³/h de capacidad, los cuales son enviados hacia el espesador de gravedad.
- **Extracción de fangos biológicos en exceso:** se realiza desde una arqueta conjunta para los 2 decantadores secundarios existentes mediante 1+1R bombas sumergibles de 35 m³/h de capacidad, los cuales eran enviados a un espesador de flotación, actualmente en desuso. Como consecuencia, los fangos biológicos actualmente son enviados junto con los fangos primarios al espesador de gravedad.
- **Espesador de gravedad:** los fangos primarios son bombeados directamente (sin tamizado previo) hacia 1 espesador de gravedad de 8.00 m de diámetro y 3.00 m de altura para su espesado. Sin embargo, actualmente la totalidad de los fangos generados en el proceso, tanto primarios como biológicos, están siendo espesados en el espesador de gravedad. La extracción de los fangos espesados se realiza mediante válvula de accionamiento eléctrico para su envío hacia la cámara de mezcla de fangos.
- **Espesador de flotación:** inicialmente se disponía de un espesador de flotación de 5 m de diámetro y 2.00 m de calado para el espesado de los fangos biológicos, equipado con 1+1R compresores de 7.5 m³/h y 7 kg/cm², 1+1R bombas de 34 m³/h y 51 mca y 1 calderín de presurización de 880 L. Sin embargo, el flotador se encuentra en la actualidad fuera de uso por falta de capacidad, por lo que la totalidad de los fangos se están concentrando en el espesador de gravedad.
- **Cámara de mezcla de fangos mixtos y bombeo a digestión:** se dispone de una arqueta de reciente construcción de 4.50 x 3.50 m y 2.50 m de altura útil para la homogeneización de los fangos, desde la cual los fangos son bombeados mediante 1+1R bombas de cámara seca de 40 m³/h de capacidad directamente al depósito tampón, debido a que la etapa de digestión anaeróbica se encuentra actualmente en desuso.
- **Digestión anaeróbica:** Para la estabilización de los fangos generados en la EDAR se dispone de 1 digestor de 14 m de diámetro y 11.20 m de altura cilíndrica, el cual se encuentra casi desde sus inicios fuera de uso. El digestor estaba diseñado con lanzas para la agitación de los fangos mediante la recirculación del propio biogás. Para el calentamiento de los fangos se dispone de 1+1R bombas de 25.00 m³/h. El circuito de calefacción diseñado y que nunca ha funcionado de forma continua, estaba compuesto por 1+1R calderas de agua caliente de 150000 kcal/h, 1 intercambiador de calor de 150000 kcal/h de potencia máxima de intercambio y 2 bombas de agua caliente de 30.00 m³/h. Actualmente no está en uso. La línea de gas está compuesta por un gasómetro de 330 m³ de capacidad y una antorcha de 110 Nm³/h de capacidad para quemar el excedente de biogás. Se dispone además de un depósito enterrado de 5 m³ de capacidad para el almacenamiento de gasóleo para casos en los que las calderas no puedan ser alimentadas por biogás. Tras la digestión de los fangos, estos, según el diseño, debían ser almacenados y espesados en un depósito tampón de 11 m de diámetro y 3.50 m de calado previo a su deshidratación. Actualmente los fangos son directamente recibidos en el depósito tampón desde la arqueta de fangos mixtos, sin ser previamente estabilizados en el digestor.
- **Deshidratación de fangos:** los fangos acumulados en el depósito tampón son enviados hacia 2 filtros banda de 15 m³/h de capacidad unitaria y 1 centrífuga de 25 m³/h, adquirida recientemente por falta de capacidad de la etapa de deshidratación.
- **Almacenamiento de fangos deshidratados:** los fangos deshidratados son finalmente almacenados en una tolva de 40 m³ de capacidad previo a su gestión externa.

La figura 1 muestra la distribución de la EDAR de El Ejido.



Vista general de la EDAR de El Ejido.

2. DATOS DE PARTIDA

Se recogen a continuación los datos de partida utilizados para el cálculo de la línea de fangos de la EDAR de El Ejido, establecidos en base a la campaña analítica realizada y a los datos de producción de fangos facilitados por la explotación:

Datos de partida considerados agua residual.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
CAUDALES					
Caudal total	m3/d	15293.00	15293.00	18000.00	18000.00
Caudal medio	m3/h	637.21	637.21	750.00	750.00
Coef. punta		1.30	1.30	1.30	1.30
Caudal punta	m3/h	828.37	828.37	975.00	975.00
Coefficiente máximo		3.00	3.00	3.00	3.00
Caudal máximo	m3/h	1911.63	1911.63	2250.00	2250.00
DBO5					
Concentración media	mgO2/L	438.75	438.75	438.75	438.75
Carga diaria	Kg/d	6709.80	6709.80	7897.50	7897.50
Habitantes equivalentes	h.e.	111830	111830	131625	131625

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DQO					
Concentración media	mgO2/L	749.08	749.08	749.08	749.08
Carga diaria	Kg/d	11455.72	11455.72	13483.49	13483.49
SS					
Concentración media	mg/L	306.00	306.00	375.00	375.00
Carga diaria	Kg/d	4679.66	4679.66	6750.00	6750.00
% SSv	%	94.30	94.30	94.30	94.30
SSv	mg/L	288.56	288.56	353.63	353.63
SSnv	mg/L	17.44	17.44	21.38	21.38
OTROS					
pH		7.64	7.64	7.64	7.64
Conductividad eléctrica	μS/cm	2520.00	2520.00	2520.00	2520.00
Temperatura	°C	14.00	28.00	14.00	28.00

Datos de partida considerados fangos.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
FANGOS PRIMARIOS					
Caudal	m3/d	185.75	185.75	261.67	261.67
Contenido en sólidos	Kg/d	2786.31	2786.31	3925.00	3925.00
SS	mg/L	15000.00	15000.00	15000.00	15000.00
% volátiles	%	94.30	94.30	94.30	94.30
SSv	mg/L	14145.00	14145.00	14145.00	14145.00
SSi	mg/L	855.00	855.00	855.00	855.00
X	mg/L	15791.61	15791.61	15791.61	15791.61
Xs0	mg/L	14081.41	14081.41	14081.41	14081.41
Xi0	mg/L	1710.19	1710.19	1710.19	1710.19
S	mg/L	426.93	426.93	426.93	426.93
Ss0	mg/L	380.70	380.70	380.70	380.70
Si0	mg/L	46.24	46.24	46.24	46.24
DQO	mg O2/L	16218.54	16218.54	16218.54	16218.54
Biodegradabilidad	%	89.17	89.17	89.17	89.17
FANGOS SECUNDARIOS REACTOR CONVENCIONAL					
Caudal	m3/d	272.41	272.41	320.63	320.63
Contenido en sólidos	Kg/d	1634.48	1634.48	1923.80	1923.80
SS	mg/L	6000.00	6000.00	6000.00	6000.00
% volátiles	%	80.00	80.00	80.00	80.00
SSv	mg/L	4800.00	4800.00	4800.00	4800.00
SSi	mg/L	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00
X	mg/L	7008.00	7008.00	7008.00	7008.00
Xs0	mg/L	4555.20	4555.20	4555.20	4555.20

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Xi ₀	mg/L	2452.80	2452.80	2452.80	2452.80
S	mg/L	47.97	47.97	47.97	47.97
Ss ₀	mg/L	1.73	1.73	1.73	1.73
Si ₀	mg/L	46.24	46.24	46.24	46.24
DQO	mg O ₂ /L	7055.97	7055.97	7055.97	7055.97
Biodegradabilidad	%	65.00	65.00	65.00	65.00
FANGOS SECUNDARIOS REACTOR DE MEMBRANAS					
Caudal	m ³ /d	179.87	179.87	211.71	211.71
Contenido en sólidos	Kg/d	1575.69	1575.69	1854.60	1854.60
SS	mg/L	8760.00	8760.00	8760.00	8760.00
% volátiles	%	70.00	70.00	70.00	70.00
SSv	mg/L	6132.00	6132.00	6132.00	6132.00
SSi	mg/L	2628.00	2628.00	2628.00	2628.00
X	mg/L	8952.72	8952.72	8952.72	8952.72
Xs ₀	mg/L	5819.27	5819.27	5819.27	5819.27
Xi ₀	mg/L	3133.45	3133.45	3133.45	3133.45
S	mg/L	47.97	47.97	47.97	47.97
Ss ₀	mg/L	1.73	1.73	1.73	1.73
Si ₀	mg/L	46.24	46.24	46.24	46.24
DQO	mg O ₂ /L	9000.69	9000.69	9000.69	9000.69
Biodegradabilidad	%	65.00	65.00	65.00	65.00

3. CÁLCULO DE PROCESO

Se recogen a continuación los cálculos realizados para asegurar el correcto dimensionamiento de la línea de fangos de la EDAR de El Ejido en las condiciones operacionales indicadas y considerando los datos de partida anteriores. Las propuestas llevadas a cabo en cada una de las etapas que componen la línea de proceso se han realizado siempre teniendo en cuenta 3 premisas primordiales:

- Optimizar el rendimiento de las distintas etapas del proceso.
- Dotar de flexibilidad operativa al proceso.
- Minimizar el consumo energético de las distintas etapas.

La línea de fangos se refiere al conjunto de procesos en los que se tratan los fangos generados durante el tratamiento de aguas residuales antes de ser extraídos del sistema. Las dos fuentes principales de producción de este subproducto son los sólidos sedimentados retirados del fondo de los decantadores tanto primarios como secundarios y su cantidad y propiedades dependen de las características de las aguas residuales de origen, así como del tratamiento al que sean sometidas. En cualquier caso, es necesario llevar a cabo un tratamiento de los mismos con el fin de evitar problemas relacionados con su elevado contenido en agua, materia orgánica fermentable y organismos patógenos causantes de enfermedades, ya que en estos fangos se concentra la contaminación eliminada durante el proceso y son líquidos (contenido en agua > 90%) con un elevado contenido en materia orgánica que puede dar lugar a problemas de fermentación y putrefacción.

Por este motivo, su tratamiento y evacuación suele ser problemático, ya que su almacenamiento sin un tratamiento previo ocuparía una gran superficie y produciría malos olores y es por ello que se someten a una serie de procesos encaminados por un lado a reducir su volumen mediante la eliminación de parte del agua contenida en ellos, evitando así el manejo de grandes volúmenes y hacerlos más fáciles de manipular y transportar y, por otro lado, a eliminar (al menos parcialmente) las sustancias orgánicas biodegradables, ya sea mediante un proceso biológico o mediante tratamiento químico o térmico con el fin de asegurar que su evacuación y disposición final sean óptimas desde el punto de vista sanitario y medioambiental.

La línea de fangos proyectada para la EDAR de El Ejido está compuesta por un espesador de fangos primarios por gravedad, dos espesadores mecánicos de fangos biológicos, 1 digestor anaeróbico y 1 depósito tampón.

3.1 ESPESADO DE FANGOS

3.1.1 Espesado de fangos primarios

Puesto que no han sufrido tratamiento biológico alguno y no se han descompuesto, los fangos primarios son altamente inestables y putrescibles, con un contenido en humedad que suele variar entre el 95 y el 99%. Suelen ser de color gris y liberan fácilmente su agua de constitución, es decir, que espesan bien. Por este motivo, los espesadores de gravedad se suelen emplear principalmente para el espesamiento de fangos primarios.

El dimensionamiento de estos sistemas se centra principalmente en el diámetro, que determina la capacidad de clarificación del espesador y en el volumen, que determina su capacidad de espesamiento. Generalmente suelen tener diámetros comprendidos entre 3 y 30 m, su altura recta suele variar entre 3 y 5 m y la pendiente en el fondo suele estar en un rango de entre el 10% y el 25%. Para calcular las dimensiones de un espesador de gravedad se parte de parámetros tales como la carga de sólidos (Ecuación 44) o la carga hidráulica (Ecuación 45). En relación al tiempo de retención, se recomienda que sea superior a las 24 h en todos los casos para alcanzar un grado de compactación adecuado.

$$S = Q / Ch \quad [\text{Ec. 44}]$$

$$S = \text{Peso de sólidos} / C_{ss} \quad [\text{Ec. 45}]$$

CRITERIOS DE DISEÑO PARA ESPESADORES DE GRAVEDAD					
Tipo de fango	Altura recta (m)	Carga de sólidos (kg/m ² /d)	Carga hidráulica (m ³ /m ² /h)	Tiempo de retención (h)	Concentración del fango (g/L)
Primarios	>3	< 130	< 1.40	>24	40-80
Activos	>3	< 35	< 0.45	>24	20-30
Mixtos	>3	< 70	< 0.90	>24	40-70
Aireación prolongada	>3	< 35	< 0.45	>24	20-30
Estabilización aerobia	>3	< 35	< 0.45	>24	25-35

Seleccionando los valores correspondientes al tipo de fango a espesar de tal manera que, en base a los valores establecidos en la tabla anterior para fangos primarios, se tendrán en cuenta los siguientes criterios para la comprobación del correcto funcionamiento de la etapa de espesado de fangos primarios de la EDAR de El Ejido:

- Se dispone de 1 espesador de 8.00 m de diámetro y 3.00 m de altura recta (164.20 m³).
- Carga de sólidos inferior a 90 kg/m² por día.
- Carga hidráulica inferior a 1.40 m³/m² por hora.
- Tiempo de retención de sólidos > 24 h.
- Concentración mínima de fangos espesados = 50 g/L.

Con estos criterios, se recogen a continuación los resultados de la comprobación de las condiciones operativas de la etapa de espesado de gravedad de la EDAR de El Ejido.

COMPROBACIÓN DE LA ETAPA DE ESPESADO POR GRAVEDAD					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DATOS DE PARTIDA Y CONDICIONES DE DISEÑO					
Bombas activas de purga	Ud	1	1	1	1
Caudal unitario de purga	m3/h	65.00	65.00	65.00	65.00
Caudal de fangos a espesar	m3/d	185.75	185.75	261.67	261.67
Peso de fangos a tratar	Kg/d	2786.31	2786.31	3925.00	3925.00
Carga hidráulica de trabajo máxima	m/h	1.40			
Carga másica de trabajo máxima	Kg MS/m2 d	90.00			
Tiempo mínimo de retención de sólidos	h	24.00			
DIMENSIONES					
Diámetro	m	8.00			
Superficie unitaria	m2	50.27			
Altura recta	m	3.00			
Pendiente solera	%	20.00			
Volumen unitario	m3	164.20			
NECESIDADES DE FUNCIONAMIENTO					
Superficie necesaria según carga hidráulica	m2	46.43	46.43	46.43	46.43
Superficie necesaria según carga de sólidos	m2	30.96	30.96	43.61	43.61
Concentración de entrada de fangos	kg/m3	15.00	15.00	15.00	15.00
Concentración de los fangos espesados	kg/m3	50.00	50.00	50.00	50.00
Concentración promedio en el espesador	kg/m3	32.50	32.50	32.50	32.50
Volumen necesario según trh	m3	85.73	85.73	120.77	120.77
CONDICIONES OPERATIVAS					
Carga hidráulica de trabajo < 1.40 m/h	m/h	1.29	1.29	1.29	1.29
Carga másica de trabajo < 90.00 kgMS/m2d	kgMS/m2d	55.43	55.43	78.09	78.09
Tiempo de retención de sólidos > 24 h	h	45.97	45.97	32.63	32.63

En este caso, los cálculos justificativos realizados demuestran que el espesador actual posee capacidad suficiente para llevar a cabo un adecuado espesado de los fangos primarios tanto en época actual como año horizonte dentro de la solución integradora que se propone.

Previa entrada al espesador de gravedad se ha proyectado una importante mejora en el proceso, consistente en **la instalación de un tamiz rotativo de 3.00 mm de luz y 75 m³/h de capacidad para el tamizado de los fangos primarios**, con el objetivo de retener pelos y residuos similares que puedan producir problemas en la posterior etapa de digestión.

TAMIZ DE FANGOS PRIMARIOS					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Caudal de purga de fangos primarios	m ³ /d	65.00	65.00	65.00	65.00
Nº tamices	uds	1.00	1.00	1.00	1.00
Luz malla del tamiz	mm	1.00			
Caudal a tratar por el tamiz	m ³ /h	75.00			

3.1.2 Espesado de fangos secundarios

Por otro lado, los fangos secundarios, también llamados fangos biológicos en exceso, son aquellos que proceden de los reactores, tienen un color marrón oscuro y la materia orgánica contenida en ellos está parcialmente descompuesta porque ya han pasado por un proceso biológico. Tienen un contenido en humedad que varía entre el 98.0 y el 99.5% y son más difíciles de concentrar debido al bajo peso específico de los flóculos.

Al igual que en el caso del espesador de gravedad, la finalidad de la etapa de espesado por flotación consiste en separar los sólidos del agua contenida en el fango pero a diferencia de los anteriores, esta concentración de los sólidos no se realiza de forma natural basándose en la sedimentabilidad de los mismos, sino que se realiza de forma artificial como consecuencia de la introducción de un gas, generalmente aire, en la masa líquida, lo que provoca un arrastre de sólidos hacia la superficie venciendo su tendencia hacia la decantación. Mediante este proceso es posible eliminar además sólidos de densidad superior a la del agua gracias a la creación de microburbujas de aire en el seno del líquido, ya que se unen a las partículas a eliminar formando agregados capaces de flotar puesto que la densidad del conjunto es menor que la del agua. Así, la recuperación de sólidos en estos sistemas es elevada, pudiendo llegar a valores del 95 %.

Dada la rápida separación de los sólidos que tiene lugar en estos espesadores, pueden admitir mayores cargas que los espesadores de gravedad, aunque cargas de sólidos elevadas pueden ocasionar problemas operacionales derivados de su sedimentación. Por otro lado, la carga hidráulica varía en función de si hay adición de floculantes o no, siendo los rangos habituales entre 0.45 y 3.00 m/h cuando no se adicionan floculantes y llegando a valores entre 1.00 y 5.00 m/h cuando si se adicionan. En cualquier caso, no se deben superar los 5 m/h. En relación al tiempo de retención hidráulico, admite tiempos mucho más bajos que los espesadores de gravedad, evitando así los malos olores, por lo que no necesariamente han de ser equipos cubiertos. Se suelen adoptar valores entre 20 y 80 minutos (generalmente siempre por encima de 1 hora). Otra ventaja de estos espesadores con respecto a los de gravedad es que además de los bajos tiempos de retención, al estar el agua saturada en aire, la tendencia a sufrir descomposición anaeróbica es mucho menor y, en consecuencia, a generar malos olores.

Se recogen a continuación los cálculos realizados para la comprobación de la etapa de espesado por flotación de la EDAR de El Ejido, compuesta por un flotador de 5.00 m de diámetro y 2.00 m de altura recta (42.54 m³). Puesto que uno de los 2 reactores biológicos de la planta va a ser transformado en MBR, se mantendrán las 1+1R bombas de 35 m³/h actuales para la purga del reactor biológico convencional, mientras que se ejecutará un nuevo bombeo compuesto por 1+1R bombas de 15 m³/h para la purga de los fangos del nuevo reactor biológico de membranas.

COMPROBACIÓN DE LA ETAPA DE ESPESADO POR FLOTACIÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DATOS DE PARTIDA Y CONDICIONES DE DISEÑO					
Bombas activas de purga Reactor Convencional	Ud	1	1	1	1
Caudal unitario de purga	m3/h	35.00	35.00	35.00	35.00
Bombas activas de purga Reactor de Membranas	Ud	1	1	1	1
Caudal unitario de purga	m3/h	15.00	15.00	15.00	15.00
Caudal de fangos a espesar	m3/d	452.29	452.29	532.35	532.35
Peso de fangos a tratar	Kg/d	3210.17	3210.17	3778.40	3778.40
Carga hidráulica de trabajo máxima	m/h	2.00			
Carga másica de trabajo máxima	Kg MS/m2 h	4.50			
Tiempo mínimo de retención de sólidos	h	2.00			

COMPROBACIÓN DE LA ETAPA DE ESPESADO POR FLOTACIÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DIMENSIONES					
Diámetro	m	5.00			
Superficie unitaria	m2	19.63			
Altura recta	m	2.00			
Pendiente solera	%	20.00			
Volumen unitario	m3	42.54			
NECESIDADES DE FUNCIONAMIENTO					
Superficie necesaria según carga hidráulica	m2	25.00	25.00	25.00	25.00
Superficie necesaria según carga de sólidos	m2	78.86	78.86	78.86	78.86
Volumen necesario según tiempo de retención	m3	37.69	37.69	44.36	44.36
CONDICIONES OPERATIVAS					
Carga hidráulica de trabajo < 2.00 m/h	m/h	2.55	2.55	2.55	2.55
Carga másica de trabajo < 4.50 kgMS/m2h	kgMS/m2d	18.07	18.07	18.07	18.07
Tiempo de retención hidráulico > 2 h	h	2.26	2.26	1.92	1.92

En este caso, los cálculos justificativos realizados demuestran que el espesador por flotación diseñado e instalado en la planta no poseía capacidad suficiente para satisfacer las necesidades de espesado al sobrepasar tanto la carga másica (18.07 > 4.50 kg/m²/h) como la carga hidráulica (2.55 > 2.00 m/h), además de ir muy justo en cuanto al tiempo de retención hidráulico.

Como consecuencia, el espesador de flotación fue recientemente demolido para construir en su lugar un edificio para espesado de los fangos biológicos mediante tambor mecánico, el cual se encuentra actualmente en proceso de adquisición e instalación por este Consorcio. Esta solución viene justificada por varios motivos:

- El coste de adquisición de dicho equipo es inferior al coste de construcción de un nuevo espesador de flotación.
- Trabaja con un amplio rango de caudales, por lo que se dota de una mayor flexibilidad a la línea de fangos. Por un lado, permiten espesar mayores caudales de fango en el caso de que el explotador incremente provisionalmente el caudal de purga para inhibir posible nitrificación en los reactores biológicos. Por otro lado, permite también reducir el caudal de trabajo con el objetivo de trabajar de forma más constante (incluso continua).
- Logra un mayor grado de espesado del fango.
- Se reduce drásticamente el consumo energético de la etapa de espesado de fangos biológicos. El consumo energético del espesador de flotación es muy elevado como consecuencia de trabajar con elevados caudales a alta presión. La solución proyectada supondrá un ahorro en el consumo energético por encima del 70%

En la siguiente tabla se muestran las características del espesador mecánico y los equipos periféricos necesarios para alcanzar un adecuado grado de espesado de los fangos secundarios. **Se proyecta un espesador mecánico de 36 m³/h de capacidad para el espesado de los fangos biológicos procedentes del nuevo reactor biológico de membranas, manteniéndose el espesador mecánico existente para el espesado de los fangos del reactor convencional. Se ha comprobado que el equipo de preparación-dosificación de polielectrolito adquirido por el Consorcio, formado por un tanque de preparación de 850 L/h, es suficiente para suministrar el polielectrolito necesario a ambos espesadores, por lo que únicamente será necesario adquirir 1+1R bombas de dosificación de caudal variable de 350 L/h de capacidad para la dosificación de poli en el nuevo espesador.**

DISEÑO DE LA ETAPA DE ESPESADO MECÁNICO DE LOS FANGOS BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
ESPESADOR MECÁNICO REACTOR CONVENCIONAL					
Peso neto de fangos a espesar	Kg/d	1634.48	1634.48	1923.80	1923.80
Caudal de fangos a espesar	m3/d	272.41	272.41	320.63	320.63
Concentración de sólidos de entrada	Kg/m3	6.00	6.00	6.00	6.00
Concentración de sólidos de salida	Kg/m3	35.00	35.00	35.00	35.00
Nº bombas activas	uds	1	1	1	1
Caudal unitario bombas	m3/h	35.00	35.00	35.00	35.00
Caudal horario total	m3/h	35.00	35.00	35.00	35.00
Horas de funcionamiento	h/d	7.78	7.78	9.16	9.16
Número de espesadores	uds	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal fangos	m3/h	35.00	35.00	35.00	35.00
Caudal poli	m3/h	0.51	0.51	0.51	0.51
Caudal necesario	m3/h	35.51	35.51	35.51	35.51
Caudal adoptado	m3/h	36.00			
COMPROBACIÓN CAPACIDAD INSTALADA		OK	OK	OK	OK
ESPESADOR MECÁNICO REACTOR DE MEMBRANAS					
Peso neto de fangos a espesar	Kg/d	1575.69	1575.69	1854.60	1854.60
Caudal de fangos a espesar	m3/d	179.87	179.87	211.71	211.71
Concentración de sólidos de entrada	Kg/m3	8.76	8.76	8.76	8.76
Concentración de sólidos de salida	Kg/m3	35.00	35.00	35.00	35.00
Nº bombas activas	uds	1	1	1	1
Caudal unitario bombas	m3/h	15.00	15.00	15.00	15.00
Caudal horario total	m3/h	15.00	15.00	15.00	15.00
Horas de funcionamiento	h/d	11.99	11.99	14.11	14.11
Número de espesadores	uds	1	1	1	1
Caudal fangos	m3/h	15.00	15.00	15.00	15.00
Caudal poli	m3/h	0.32	0.32	0.32	0.32
Caudal necesario	m3/h	15.32	15.32	15.32	15.32
Caudal adoptado	m3/h	36.00			
COMPROBACIÓN CAPACIDAD INSTALADA		OK	OK	OK	OK
DOSIFICACIÓN DE POLIELECTROLITO					
Dosis recomendada polielectrolito (2-5 kg/Tn)	Kg/Tn	3.50	3.50	3.50	3.50
Dosis máxima de diseño	Kg/Tn	5.00	5.00	5.00	5.00
Cantidad mínimo necesaria espesador Reactor Convencional	Kg/h	1.05	1.05	1.05	1.05
Cantidad mínimo necesaria espesador Reactor de Membranas	Kg/h	0.66	0.66	0.66	0.66
Concentración de polielectrolito (0.2-0.5 %)	%	0.20	0.20	0.20	0.20
Concentración de polielectrolito	Kg/m3	2.0	2.0	2.0	2.0
Volumen horario necesario de polielectrolito	l/h	836.76	836.76	836.76	836.76
Número de equipos	ud	1	1	1	1

DISEÑO DE LA ETAPA DE ESPESADO MECÁNICO DE LOS FANGOS BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Volumen necesario (1h)	l	836.76	836.76	836.76	836.76
Volumen adoptado	l	850.00			
Caudal demandado espesador Reactor Convencional	l/h	514.71	514.71	514.71	514.71
Caudal demandado espesador Reactor de Membranas	l/h	322.06	322.06	322.06	322.06
Tipo de bomba		De tornillo helicoidal			
Nº de bombas dosificadoras activas por espesador	Uds.	1.00	1.00	1.00	1.00
Nº de bombas dosificadoras en reserva por espesador	Uds.	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal unitario adoptado espesador Reactor Convencional	l/h	550.00			
Caudal unitario adoptado espesador Reactor de Membranas	l/h	350.00			
CONDICIONES OPERATIVAS					
Volumen de lodos espesados	m3/d	91.72	91.72	107.95	107.95
Volumen de lodos espesados	m3/h	9.75	9.75	9.75	9.75

Deberá instalarse un sensor de sólidos a la entrada de ambos espesadores mecánicos para dosificación de poli mediante lazo de control.

3.2 DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE FANGOS

Para establecer un diseño adecuado de la etapa de digestión, debe de tenerse en cuenta una serie de factores o variables operativas que condicionan el proceso, de tal manera que se evite en la medida de lo posible variaciones bruscas en cualquiera de estos factores, ya que de lo contrario se producirán cambios significativos en la eficacia del proceso biológico, en la cantidad de biogás generado o en su composición, pudiéndose llegar incluso a inhibir por completo el proceso de digestión.

1. **Temperatura:** Es uno de los principales parámetros de diseño, ya que la velocidad de reacción de los procesos biológicos depende de la velocidad de crecimiento de los microorganismos, que a su vez depende de la temperatura. En este caso, al igual que en cualquier otro proceso biológico, a medida que aumenta la temperatura aumenta también la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se acelera el proceso de digestión, dando lugar a una mayor producción de biogás.

Existen tres rangos de temperatura en los que pueden trabajar los microorganismos anaerobios: psicrófilico (por debajo de 25 °C), mesófilico (entre 25 y 45 °C) y termófilico (entre 45° y 65°C). El régimen mesófilico a una temperatura constante de 35°C es el más utilizado, aunque requiere de un aporte de calor extra para mantener la temperatura del digestor en el valor seleccionado.

2. **pH y alcalinidad:** El pH determina también la composición del biogás producido, ya que con valores inferiores a 6 (pH ácidos) el biogás que se genera en el proceso es muy pobre en metano (CH₄) y, por lo tanto, su poder calorífico es también inferior, generando menos energía. Así pues, para que el proceso se desarrolle de una manera adecuada, debe procurarse que el pH no baje de 6 y que no sea superior a 8. Las bacterias metanogénicas suelen ser las más sensibles frente a las condiciones operacionales, aunque cada uno de los diferentes grupos bacterianos involucrados en el proceso presentan unos niveles de pH óptimos:

- Fermentativas: Entre 7.2 y 7.4
- Acetogénicas: Entre 7.0 y 7.2
- Metanogénicas: Entre 6.5 y 7.5

3. **Alimentación:** Desde un punto de vista operativo y teniendo en cuenta la sensibilidad del proceso de digestión anaeróbica de fangos, es conveniente que la alimentación de fangos al digestor se realice de la manera más continua posible a lo largo del día, facilitando así la estabilidad del proceso.
4. **Agitación:** Una mezcla adecuada es necesaria para mantener una temperatura uniforme en todo el digestor, para mejorar el contacto entre el sustrato (sólidos volátiles a digerir) y las bacterias y para prevenir la sedimentación del fango y la formación de zonas muertas y de espumas. Para ello se debe procurar siempre que el grado de concentración de los fangos espesados sea adecuado, ni tan elevado como para perjudicar la movilidad de las bacterias, ni demasiado bajo como para dificultar la disponibilidad del sustrato.
5. **Tiempo de Retención del fango (SRT):** Es el tiempo que permanece el sustrato en el digestor y está íntimamente ligado con otros dos factores: el tipo de sustrato y la temperatura, ya que la selección de una mayor temperatura implicará una disminución en los tiempos de retención y, por lo tanto, en los volúmenes necesarios para llevar a cabo la digestión. El SRT constituye la principal causa de desequilibrio en un digestor, ya que a menudo las bacterias metanogénicas de crecimiento lento no pueden seguir el ritmo de las bacterias acidificantes o formadoras de ácidos y el digestor se acidifica porque la velocidad de transformación de los ácidos es demasiado baja. Por este motivo, el SRT constituye uno de los parámetros más importantes a la hora de operar los digestores.

El diseño del proceso de digestión cuenta con una importante cantidad de parámetros que es necesario controlar. Puesto que se trata de un proceso conocido desde hace décadas, la experiencia en este campo permite fijar algunos de estos parámetros de manera estandarizada. A continuación, se describen las bases de diseño generalmente utilizadas:

- SRT en digestión: Mínimo 20 días para una temperatura de 35 °C
- Carga volumétrica de SSV a la entrada del digestor: debe ser inferior a 2 kgSSV/m³·d
- Carga volumétrica de SST a la entrada del digestor: debe ser inferior a 6 kgSST/m³·d
- Eliminación de sólidos volátiles: ha de conseguirse como mínimo un 45 % de eliminación

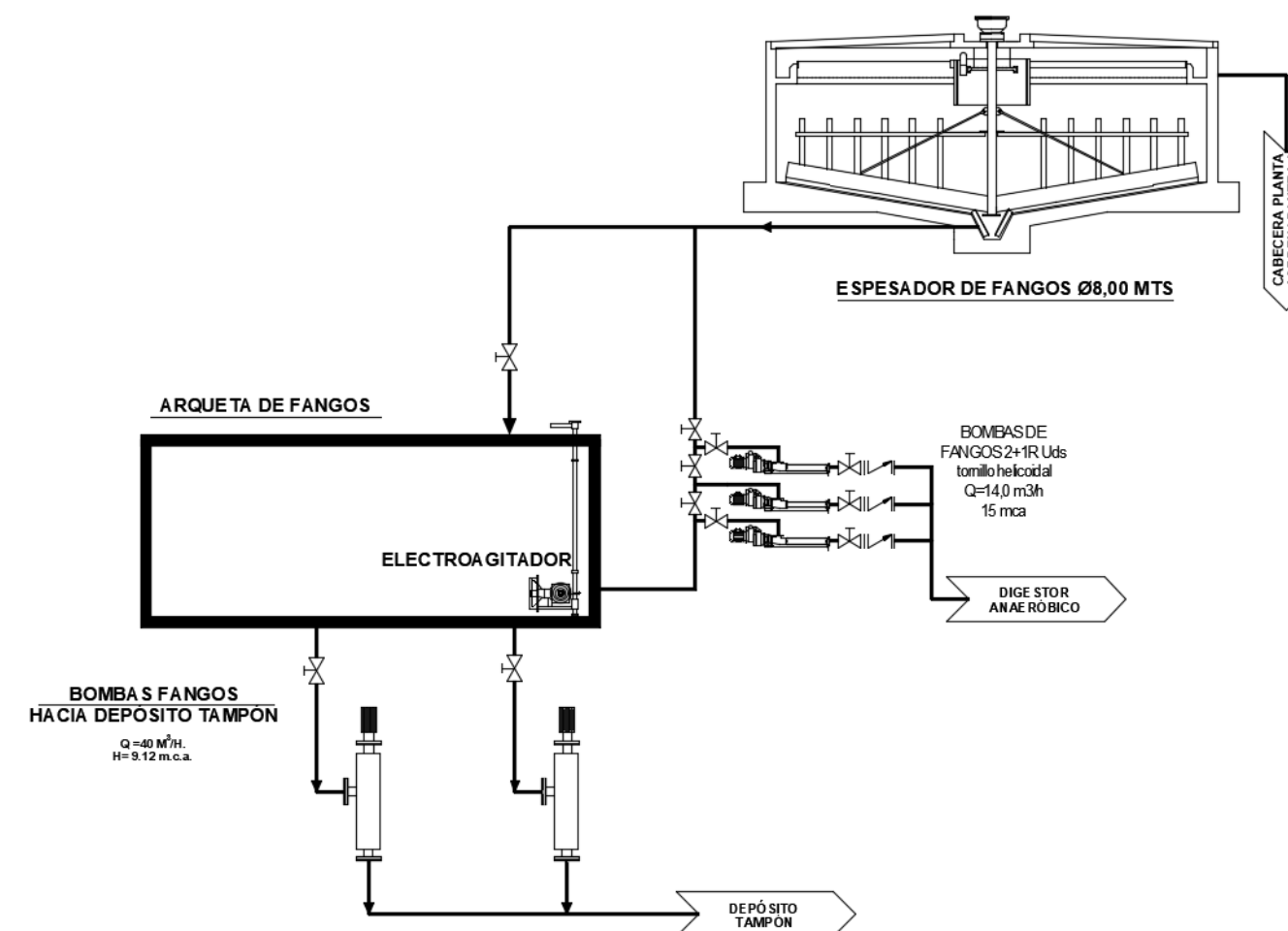
Para el correcto funcionamiento de la etapa de digestión, el volumen del digestor debe ser aquel que de pie al cumplimiento de todos estos requisitos. En la siguiente tabla se muestran los valores de carga volumétrica y SRT obtenidos a partir del volumen del digestor disponible en la EDAR de El Ejido (2116.57 m³).

PREMISAS PARA LA COMPROBACIÓN DEL VOLUMEN DEL DIGESTOR EXISTENTE EN LA EDAR					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
CONDICIONES OPERATIVAS					
Caudal de entrada a digestión (fangos mixtos)	m³/d	147.45	147.45	186.45	186.45
Concentración de SST	kg/m³	39.86	39.86	40.49	40.49
Concentración de SSV	kg/m³	33.49	33.49	34.37	34.37
Volumen del digestor existente	m³	2116.57			
SRT					
SRT resultante (> 20 d a 35 °C)	d	14.35	14.35	11.35	11.35
CARGA VOLUMÉTRICA DE SST					
Carga másica de SST	kg/d	5876.55	5876.55	7549.33	7549.33
Carga volumétrica de SST (< 6 kg/m3·d)	kg/m3·d	2.78	2.78	3.57	3.57
CARGA VOLUMÉTRICA DE SSV					
Carga másica de SSV	kg/d	4937.30	4937.30	6407.76	6407.76
Carga volumétrica de SSV (< 2 kg/m3·d)	kg/m3·d	2.33	2.33	3.03	3.03

Se observa en la tabla anterior que el digestor no tiene la suficiente capacidad para estabilizar todos los fangos generados en la EDAR, ya que no se cumple con las premisas relativas a la carga volumétrica de sólidos volátiles y al tiempo mínimo de retención.

Por lo tanto, debido a la limitada capacidad de digestión disponible en la EDAR, se proyecta la digestión preferente de los fangos primarios, ya que se tratan de fangos mucho más inestables y con mayor potencial energético que los fangos biológicos, los cuales se encuentran más endógenos debido a que ya han sido parcialmente estabilizados en los reactores biológicos.

Para el bombeo de los fangos primarios espesados al digestor se proyectan 1+1R bombas que extraerán los fangos espesados directamente del fondo del espesador de gravedad. Para dotar de la mayor flexibilidad al proceso, se instalará una tercera bomba de las mismas características para complementar la alimentación del digestor con fangos biológicos espesados procedentes de la arqueta de fangos mixtos si el explotador lo estima.



En la siguiente tabla se comprueba que el digestor existente tiene capacidad para tratar adicionalmente entre un 21.50 y un 54.60 % de los fangos biológicos espesados.

COMPROBACIÓN DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA ETAPA DE DIGESTIÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
CONDICIONES OPERATIVAS					
Fangos primarios a digestión (100%)	m³/d	55.73	55.73	78.50	78.50
Fracción de fangos biológicos a digestión	%	54.60	54.60	21.50	21.50
Fangos biológicos a digestión	m³/d	50.08	50.08	23.21	23.21
Caudal total de entrada a digestión	m³/d	105.80	105.80	101.71	101.71
Concentración de SST resultante	kg/m³	42.04	42.04	45.65	45.65
Concentración de SSV resultante	kg/m³	36.53	36.53	41.54	41.54
Volumen del digestor existente	m³	2116.57			
SRT					
SRT resultante (> 20 d a 35 °C)	d	20.00	20.00	20.81	20.81
CARGA VOLUMÉTRICA DE SST					
Carga másica de SST	kg/d	4448.28	4448.28	4642.61	4642.61
Carga volumétrica de SST (< 6 kg/m³·d)	kg/m³·d	2.10	2.10	2.19	2.19
CARGA VOLUMÉTRICA DE SSV					
Carga másica de SSV	kg/d	3864.79	3864.79	4225.06	4225.06
Carga volumétrica de SSV (< 2 kg/m³·d)	kg/m³·d	1.83	1.83	2.00	2.00

Se proyecta por tanto para la alimentación del digestor 2+1R bombas de 14 m³/h de caudal unitario (15 mca), una para alimentación con fangos primarios, otra para alimentación con fangos biológicos, y una reserva común a ambas bombas.

BOMBEO DE ALIMENTACIÓN A DIGESTIÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Nº bombas activas	uds	2	2	2	2
Nº bombas reserva	uds	1	1	1	1
Caudal mínimo requerido	m ³ /h	9.75	9.75	9.75	9.75
Caudal unitario adoptado	m ³ /h	14.00			
Tiempo de bombeo a digestor (sólo fangos primarios)	h/d	3.98	3.98	5.61	5.61
Tiempo de bombeo a digestor (alimentación mixta)	h/d	7.56	7.56	7.27	7.27

Los fangos biológicos que no sean conducidos a digestión serán bombeados desde la arqueta de fangos mixtos hasta al depósito tampón mediante 1+1R bombas existentes de 40.00 m³/h de caudal unitario, donde se mezclarán con los fangos digeridos antes de la etapa de deshidratación. Para mayor flexibilidad de proceso, los fangos primarios espesados en el fondo del espesador de gravedad podrán ser enviados mediante una conducción directa hacia la arqueta de fangos mixtos, desde la cual los fangos serían enviados directamente al depósito tampón tras su homogeneización, sin pasar previamente por digestión.

BOMBEO DE FANGOS ESPESADOS A DEPÓSITO TAMPÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Volumen de fangos biológicos espesados	m ³ /d	91.72	91.72	107.95	107.95
Volumen de fangos primarios espesados (si procede)	m ³ /d	55.73	55.73	78.50	78.50
Largo arqueta	m	4.50			
Ancho arqueta	m	3.00			
Altura útil arqueta	m	2.50			
Volumen arqueta de fangos mixtos	m ³	33.75			
TRH (digestión fangos primarios)	h	8.83	8.83	7.50	7.50
TRH (digestión fangos mixtos)	h	8.32	8.32	4.96	4.96
TRH (bypass digestión)	h	5.49	5.49	4.34	4.34
Nº de bombas activas	Uds.	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal de bombeo adoptado	m ³ /h	40.00			
Tiempo diario de funcionamiento (digestión fangos primarios)	h/d	2.29	2.29	2.70	2.70
Tiempo diario de funcionamiento (digestión fangos mixtos)	h/d	2.43	2.43	4.08	4.08
Tiempo diario de funcionamiento (bypass digestión)	h/d	3.69	3.69	4.66	4.66

Una vez que se ha comprobado el caudal de fangos que daría cumplimiento a las premisas de carga másica, carga de volátiles y SRT > 20 días, a continuación se comprobará que el rendimiento de eliminación de sólidos volátiles sea superior al 45% y que la generación de biogás sea tal que el proceso de digestión sea autosuficiente energéticamente para mantener la temperatura deseada en el interior del digestor.

La arqueta de fangos mixtos contará con 3 boyas de nivel, las 2 superiores comandarán el arranque y parada de las bombas de fangos al depósito tampón, mientras que la boya inferior será la de parada de las bombas de fangos biológicos a digestión. De esta forma, se dispone siempre de fango disponible en la arqueta para la alimentación del digestor.

Para entender el proceso biológico que tiene lugar en el digestor, hay que decir que se pueden distinguir diferentes fases: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, llevadas a cabo por diferentes grupos de bacterias.

1. **Hidrólisis:** Es el paso inicial para la degradación anaeróbica y consiste en transformar la fracción insoluble de la materia orgánica (proteínas, lípidos, grasas, aceites e hidratos de carbono) en compuestos solubles más sencillos (aminoácidos, azúcares, ácidos grasos y alcoholes) que puedan ser utilizados por los microorganismos. Se puede considerar una fase de solubilización de la materia orgánica relativamente lenta y muy sensible a las fluctuaciones de temperatura.

Todos los sustratos se componen de tres tipos básicos de macromoléculas: hidratos de carbono, proteínas y lípidos. Las proteínas junto con los hidratos de carbono constituyen la fuente de carbono necesaria para alimentar a los microorganismos, mientras que los lípidos generan los ácidos grasos que se emplearán en las sucesivas etapas.

2. **Acidogénesis:** Durante esta etapa tiene lugar la fermentación de las moléculas orgánicas solubles en compuestos que puedan ser utilizados directamente por las bacterias, es decir, la formación de ácidos a partir de los monómeros formados tras la hidrólisis. En esta etapa se produce por ejemplo la degradación de los azúcares para formar ácidos orgánicos (acético, propiónico, fórmico, láctico, butírico, succínico, etc.). También se produce la fermentación de aminoácidos y otras moléculas hidrogenadas que generan ácidos grasos volátiles.

3. **Acetogénesis:** Mientras que algunos productos de la fermentación pueden ser metabolizados directamente por los organismos metanogénicos, otros como los ácidos grasos volátiles generados en el proceso anterior necesitan ser

transformados en ácidos orgánicos más pequeños. Las bacterias acetogénicas son capaces de producir acetato a partir de alcoholes y cetonas (butirato, propionato, etanol, metanol, glicerol, acetona, etc.), además de H₂ y CO₂. Estas rutas metabólicas están reguladas por la concentración de H₂ en el medio, inhibiéndose por su alta concentración.

4. **Metanogénesis:** Los microorganismos metanogénicos completan el proceso de digestión anaeróbica mediante la formación de metano a partir de los productos de la fermentación (CO₂, H₂, acetato y formiato). Existen dos grandes grupos de microorganismos metanogénicos: los hidrogenotróficos, que consumen H₂ y CO₂ y los acetoclásticos, que consumen acetato, metanol y algunas aminas, dando como productos de estas reacciones metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O).

Las bacterias acetogénicas están muy relacionadas con las metanogénicas y no sólo porque le proporcionan el sustrato para que tengan lugar las reacciones metanogénicas. El crecimiento de las primeras es mucho más rápido, sin embargo precisan de la actividad metanogénica para reducir la tensión de H₂, ya que al eliminar acético del medio y generar dióxido de carbono que formará una disolución reguladora con el bicarbonato del medio, permiten regular el pH.

Gracias a estos procesos, los sólidos orgánicos procedentes de las aguas residuales se descomponen en ausencia de oxígeno, consiguiéndose así reducir el volumen ocupado por los fangos, eliminar gran parte de la materia orgánica que contienen los fangos y obtener metano, que es un gas de elevado poder calorífico y que puede ser utilizado como fuente de energía dentro de la planta. Con todo ello, el fango resultante será estable (no sujeto a descomposición biológica), fácil de secar y de manipular para su evacuación de la EDAR.

A la hora de realizar los cálculos del proceso biológico se va a considerar que hay dos grupos de bacterias: las acidogénicas (X_{ac}) que se encargan de los procesos de fermentación y la producción de ácidos volátiles y las metanogénicas (X_{met}) que transforman los ácidos volátiles en metano. Con respecto a los sustratos a transformar, se pueden distinguir tres tipos diferentes que serán la DQO suspendida biodegradable (X_s), la DQO soluble fermentable (S_f) y los ácidos volátiles generados tras la fermentación de la anterior (S_a).

Para el desarrollo de los cálculos biológicos es necesario aplicar una serie de constantes cinéticas y estequiométricas incluidas en el modelo matemático que describe estos procesos (modelo ADM1 de la IWA). La siguiente tabla refleja los valores de dichas constantes a 20°C. Los valores de las tasas de endogénesis y de las velocidades específicas de crecimiento de los distintos grupos de bacterias están afectados por la temperatura según la ecuación de Arrhenius y, por lo tanto, han de ser corregidas para poder llevar a cabo los cálculos en función de la temperatura de digestión.

CONSTANTES CINÉTICAS Y ESTEQUIOMÉTRICAS A 20°C PARA EL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA (Fuente: Ferrer-Polo y Seco-Torrecillas. 2008).			
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDADES	VALOR
CONSTANTES PARA LA HIDRÓLISIS DE M.O.			
K _{Xs}	Constante de semisaturación de la relación X _s /X _{ac} durante la hidrólisis	g DQO X _s /g DQO X _{ac}	70
k _{hXs}	Velocidad máxima de hidrólisis de X _s	d ⁻¹	20
CONSTANTES PARA LAS BACTERIAS ACIDOGÉNICAS			
Y _{ac}	Coefficiente de producción de biomasa acidogénica	g DQO X _{ac} /g DQO S _f	0.15
μ _{ac}	Velocidad máxima específica de crecimiento de acidogénicas	d ⁻¹	1.40
b _{ac}	Tasa de endogénesis de bacterias acidogénicas	d ⁻¹	0.35
θ _b	Coefficiente de Arrhenius para tasa de endogénesis		1.035
θ _μ	Coefficiente de Arrhenius para velocidad máxima específica		1.072
f _{Dac}	Fracción de debrís para acidogénicos	g DQO X _{ac} /g DQO X _{ac}	0.2
K _{AI}	Constante de semisaturación para S _f durante la fermentación	g DQO S _f /m ³	50

CONSTANTES CINÉTICAS Y ESTEQUIOMÉTRICAS A 20°C PARA EL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA (Fuente: Ferrer-Polo y Seco-Torrecillas. 2008).			
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDADES	VALOR
CONSTANTES PARA LAS BACTERIAS METANOGÉNICAS			
Y _m	Coefficiente de producción de biomasa metanogénica	g DQO X _m /g DQO S _a	0.03
μ _m	Velocidad máxima específica de crecimiento de metanogénicas	d ⁻¹	0.10
b _m	Tasa de endogénesis de bacterias metanogénicas	d ⁻¹	0.03
f _{Dm}	Fracción de debrís para metanogénicas	g DQO X _m /g DQO X _m	0.20
K _{Am}	Constante de semisaturación para S _a durante la metanogénesis	g DQO S _a /m ³	30
K _{AI}	Constante de Inhibición para S _a durante la metanogénesis	g DQO S _a /m ³	200
FRACCIONES Y COEFICIENTES			
i	Factor de conversión de DQO a SS para anaerobiosis	g DQO/g SS	1.46

Para establecer un balance de materia, se asume que en el influente no aparecen las fracciones X_{ac} y X_m, tan solo se generan durante el proceso y que la concentración de S_a es despreciable.

Balances a los microorganismos responsables de la hidrólisis y la materia en suspensión hidrolizable: Para realizar un balance completo de materias en suspensión, se debe tener en cuenta que parte de la DQO que entra en el reactor anaeróbico es X_s, sobre la cual actuarán las bacterias X_{ac} en una primera fase hidrolítica transformando estos compuestos en materias solubles fermentables. Partiendo de la ecuación de Monod para reflejar la desaparición de un sustrato, se obtiene la ecuación 1, donde r_{hXs} es la velocidad de hidrólisis de X_s (g/m³ d), k_{maxhXs} es la velocidad máxima de hidrólisis (d⁻¹) y K_{Xs} es la constante de semi-saturación de hidrólisis para la relación (gX_s/gX_{ac}).

$$r_{hXs} = k_{\max hXs} \frac{X_s/X_{ac}}{K_{Xs} + (X_s/X_{ac})} X_{ac} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Por lo que la ecuación 2 reflejará el balance desde donde se despejará el valor de X_s.

$$Q_i X_s = Q_i X_{s0} - V k_{\max hXs} \frac{X_s/X_{ac}}{K_{Xs} + X_s/X_{ac}} X_{ac} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Balance a los microorganismos acidogénicos y la fracción de ácidos grasos de cadena larga: La variación de estos microorganismos con respecto al tiempo será igual a los microorganismos acidogénicos que entran al sistema menos los que salgan del sistema más lo que se generan en el interior del sistema menos los que mueren en el interior del sistema (Ecuación 3). La concentración de los que salen será el resultado de multiplicar el caudal que sale por la concentración de microorganismos (Q_iX_{ac}) y lo mismo podemos emplear para los que entran en el sistema. frente a los cuales asumiremos que su valor es nulo (Q_iX_{ac0} = 0).

$$VdX_{ac}/dt = Q_i X_{ac0} - Q_e X_{ac} - Y_{rac} V - b_{ac} X_{ac} V \quad [\text{Ec. 3}]$$

Como resultado de los procesos de fermentación, se produce un crecimiento de las bacterias acidogénicas, que son las responsables de este proceso. Los microorganismos se multiplican por fisión binaria, por lo que su velocidad de crecimiento se puede expresar mediante una ecuación de primer orden con respecto a la presencia de biomasa activa (Ecuación 4), donde r_{ac} es la velocidad de crecimiento de los microorganismos acidogénicos (g/m³ d) y μ_{ac} es la velocidad de crecimiento específica (d⁻¹).

$$r_{ac} = \mu_{ac} X_{ac} \quad [\text{Ec. 4}]$$

La velocidad de crecimiento específico es dependiente de la concentración de un sustrato si este es limitante y viene expresada mediante la ecuación de Monod (Ecuación 5), donde μ_{maxac} es la velocidad máxima específica de crecimiento

de microorganismos acidogénicos (d_1), K_{af} es la constante de semi-saturación para fermentación (g/m^3) y b_{ac} es la tasa de endogénesis de bacterias acidogénicas (d_1).

$$\mu_{ac} = \mu_{\max ac} \frac{S_f}{K_{Af} + S_f} \quad [Ec. 5]$$

Basándonos en esto y sustituyendo en el balance de la ecuación 4, éste quedaría del siguiente modo (Ecuación 6), desde donde despejamos el valor de S_f para su cálculo.

$$Q_i X_{ac} = V \mu_{\max ac} \frac{S_f}{K_{Af} + S_f} X_{ac} - V b_{ac} X_{ac} \quad [Ec. 6]$$

Por otro lado, para conocer el contenido en X_{ac} se debe hacer un balance sobre el contenido en materia orgánica soluble fermentable. Estos compuestos procederán del influente y a su vez son generados durante la hidrólisis de los compuestos suspendidos hidrolizables y eliminados por la actividad de las bacterias acidogénicas. Para establecer el balance es necesario analizar previamente la velocidad de fermentación o desaparición de S_f para transformarse en S_a y X_{ac} . La utilización de sustrato durante la fase de crecimiento logarítmico, durante la cual se desprecia el término de desaparición de microorganismos, está relacionada con la velocidad de crecimiento de los microorganismos mediante la ecuación 7, donde r_{sf} es la velocidad de utilización de DQO fermentable por acidogénicos ($g/m^3 d$) y Y_{ac} es el coeficiente de producción máxima para microorganismos acidogénicos ($g X_{ac}/g S_f$).

$$r_{sf} = -\frac{1}{Y_{ac}} r_{ac} \quad [Ec. 7]$$

Con ello, el balance para S_f se expresa mediante la ecuación 8, de donde se despeja X_{ac} para su cálculo.

$$Q_i S_f = Q_i S_{f0} - V \frac{\mu_{ac} S_f}{Y_{ac}(K_{Af} + S_f)} X_{ac} + V K_{hXS} \frac{X_s/X_{ac}}{K_{XS} + (X_s/X_{ac})} X_{ac} \quad [Ec. 8]$$

- **Balance a los microorganismos metanogénicos y la fracción de aminoácidos:** Se emplean las mismas premisas que en el caso anterior, incluyendo una variante significativa, ya que la generación de biomasa metanogénica puede verse afectada por un exceso en la concentración de ácidos volátiles. Es por ello que se debe considerar una constante de inhibición, de tal manera que la velocidad de crecimiento de los microorganismos metanogénicos quedará del siguiente modo (Ecuación 9), donde K_{AI} es la constante de inhibición de S_a para metanogénesis (g/m^3).

$$r_m = \mu_{\max m} \left[1 + \frac{K_{Am}}{S_a} + \frac{S_a}{K_{AI}} \right]^{-1} X_m \quad [Ec. 9]$$

El balance quedaría tal y como se muestra en la ecuación 10, asumiendo que al sistema no entran microorganismos metanogénicos. De esta ecuación se despeja S_a para su cálculo.

$$Q_i X_m = V \mu_{\max m} \left[1 + \frac{K_{Am}}{S_a} + \frac{S_a}{K_{AI}} \right]^{-1} X_m - V b_m X_m \quad [Ec. 10]$$

Para completar los balances faltaría por conocer el contenido en microorganismos metanogénicos, el cual puede despejarse a partir del balance de S_a (Ecuación 11). Se puede asumir que la concentración de estos en la entrada es 0, por lo que su presencia se deberá a su generación por efecto de las bacterias acidogénicas sobre el sustrato fermentable menos su consumo por las bacterias metanogénicas. En el primer caso, se debe tener en cuenta la velocidad de utilización de la DQO fermentable por parte de las bacterias acidogénicas, generando ácidos volátiles (r_{sf}). Ahora bien, parte de los compuestos fermentables dan lugar a nueva biomasa, por lo que no se generará con esta porción S_a , debiendo tener en cuenta la velocidad de crecimiento de bacterias acidogénicas (r_{ac}) y también que parte de estas bacterias acidogénicas morirán por endogénesis (b_{ac}), generando nuevamente sustrato fermentable, exceptuando los denominados debrís o residuo orgánico no biodegradable (f_{Dac}). Por otro lado, puesto que las bacterias metanogénicas son las encargadas de consumir los ácidos volátiles para generar metano, su concentración dependerá de la velocidad de generación de metano (r_{SCH4}), a la que se restará la porción de S_a empleada para la generación de biomasa metanogénica (r_m) teniendo en cuenta la mortandad de

parte de las bacterias metanogénicas (b_m), que volverán a transformarse en sustrato a excepción de los debrís procedentes de este grupo de bacterias (f_{Dm}).

$$Q_i S_A = V(r_{sf} - r_{ac} + b_{ac}(1 - f_{Dac})X_{ac}) - V(r_{SCH4} + r_m - b_m(1 - f_{Dm})X_m) \quad [Ec. 11]$$

De todas las fracciones consideradas, faltaría por definir la velocidad de generación de metano por bacterias metanogénicas (Ecuación 12), que se obtiene del balance de DQO de modo que una parte de los ácidos volátiles se transforma en metano, mientras que otra da lugar a la generación de biomasa.

$$r_{SCH4} = \frac{1}{Y_m} r_m - r_m \quad [Ec. 12]$$

La ecuación 13 es la expresión resultante tras las correspondientes sustituciones. A partir de esta ecuación se puede despejar X_m para su cálculo.

$$Q_i S_A = V \left[\left(\frac{1}{Y_{ac}} - 1 \right) \frac{\mu_{ac} S_f}{K_{Af} + S_f} \right]_{ac} + b_{ac}(1 - f_{Dac}) X_{ac} - V \left[\left(1 + \frac{K_{Am}}{S_a} + \frac{S_a}{K_{AI}} \right) - b_m(1 - f_{Dm}) X_m \right] \quad [Ec. 13]$$

Diversas constantes cinéticas involucradas en estos cálculos (μ , b) se verán afectadas por la temperatura, por lo que se tendrán en cuenta los estudios sobre el efecto de la temperatura en los procesos biológicos realizado por Arrhenius, aplicables para todos los procesos biológicos y que presentan una expresión del siguiente modo (Ecuación 14).

$$A_{real} = A_{20^\circ C} * \eta^{T-20} \quad [Ec. 14]$$

A continuación, se recogen los resultados obtenidos tras calcular las diferentes concentraciones del sistema de digestión de la EDAR de El Ejido.

CÁLCULO FRACCIONES BIOMASA Y M.O. EN DIGESTIÓN ANAERÓBICA					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Concentración de sólidos fermentables (S_f)	$g DQO S_{fa}/m^3$	9.54	9.54	9.50	9.50
Concentración de aminoácidos (S_a)	$g DQO S_{aa}/m^3$	348.87	348.87	360.57	360.57
Concentración de bacterias acetogénicas (X_{ac})	$g DQO X_{ao}/m^3$	347.52	347.52	388.07	388.07
Concentración de bacterias metanogénicas (X_m)	$g DQO X_m/m^3$	423.68	423.68	481.89	481.89
Materia en suspensión hidrolizable (X_s)	$g DQO X_s/m^3$	6495.36	6495.36	7208.57	7208.57

A partir de las expresiones anteriores se puede calcular la totalidad de sólidos presentes en el reactor anaeróbico, siendo esta la suma de la fracción inerte que entra en el reactor más la fracción hidrolizable y las dos componentes bacterianas principales, que son las acidogénicas y las metanogénicas, tanto en su fracción activa como los debrís generados en cada caso (Ecuación 15). Estas concentraciones se deben expresar como sólidos, por lo que debido a que los cálculos se han realizado en unidades de DQO, se debe emplear un factor de conversión de DQO a SS (i). A continuación, se resumen los cálculos realizados para conocer la producción de sólidos en digestión.

$$Q \Delta X_{SST} = Q \Delta X_{SSNV} + Q \Delta X_{i0} + i_{TSSXS} Q \Delta X_S + i_{TSSBM} (Q \Delta X_{ac} + Q \Delta X_m) + i_{TSSXI} (Q \Delta X_{aci} + Q \Delta X_{mi}) \quad [Ec. 15]$$

PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS EN DIGESTIÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Fangos Acidogénicos ($Q_i X_{ac}$)	gDQO/d	36769.00	36769.00	39470.78	39470.78
Fangos metanogénicos ($Q_i X_m$)	gDQO/d	44827.13	44827.13	49013.51	49013.51
Debris acidogénicos ($X_{ac} \cdot V \cdot b_{ac} \cdot f_{Dac}$)	gDQO/d	86260.69	86260.69	96327.04	96327.04
Debris metanogénicos ($X_m \cdot V \cdot b_m \cdot f_{Dm}$)	gDQO/d	9014.16	9014.16	10252.78	10252.78
Sólidos biodegradables restantes ($Q_i X_s$)	gDQO/d	687240.94	687240.94	733184.59	733184.59
Sólidos entrantes no biodegradables ($Q_i X_{io}$)	gDQO/d	970433.67	970433.67	744032.02	744032.02
$Q \Delta X_T$	gDQO/d	1834545.58	1834545.58	1672280.72	1672280.72
$Q \Delta X_T$	gSS/d	1256538.07	1256538.07	1145397.76	1145397.76
$Q \Delta X_{SSNV}$	gSSI/d	583494.96	583494.96	417548.70	417548.70
$Q \Delta SS_T$	gSST/d	1840033.03	1840033.03	1562946.45	1562946.45

Para conocer la evolución de los sólidos volátiles y no volátiles del sistema, se suele calcular su porcentaje con respecto a los sólidos totales (Ecuación 16), teniendo en cuenta que los sólidos no volátiles que entran ($Q_i SSNV$) permanecen en la biomasa sin sufrir alteración alguna y que la mineralización durante la digestión anaeróbica es despreciable.

$$\%SSV = 100 - \frac{SSNV}{\Delta SS_T} \times 100 \quad [\text{Ec. 16}]$$

A la hora de evaluar un sistema de digestión anaeróbica, uno de los principales factores para conocer si el tiempo de retención celular seleccionado y con ello el volumen de reactor es adecuado, es el porcentaje de reducción de sólidos volátiles, el cual suele estar comprendido entre el 35 y el 65 %. Si su valor es superior al 45 % se puede considerar adecuado el digestor, mientras que en caso de que su valor sea inferior será necesario ampliar el volumen de digestión. Para su cálculo (Ecuación 17) se tendrá en cuenta la cantidad de sólidos hidrolizables en el influente menos la fracción de hidrolizable restante tras el tratamiento, a lo que se le restará la biomasa generada en el proceso y esto se dividirá por el total de sólidos volátiles del influente, tanto hidrolizables como no biodegradables.

$$E_{SSV} = \frac{Q_i i_{TSSXS}(X_{S0} - X_s) - Q_i TSSXS \Delta X}{Q_i i_{TSSXS} X_{S0} + Q \Delta i_{TSSXS} X_{I0}} \times 100 \quad [\text{Ec. 17}]$$

Donde ΔX se define mediante la ecuación 18.

$$\Delta X = \Delta X_{ac} + \Delta X_m + \Delta X_{aci} + \Delta X_{mi} \quad [\text{Ec. 18}]$$

Aunque lo más habitual es encontrar valores de reducción de sólidos entre el 40 y el 50 %, en ocasiones es posible conseguir valores superiores, pero para alcanzarlos el contenido en volátiles del fango fresco suele ser muy elevado. En el concreto de la EDAR de El Ejido, **se comprueba que se puede lograr una reducción de volátiles de en torno al 52 % para el caudal de fangos adoptado, por lo que las condiciones operativas adoptadas se consideran adecuadas para llevar a cabo la correcta estabilización de los fangos tratados en el digestor.**

REDUCCIÓN DE VOLÁTILES EN DIGESTIÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
MLSS fango digerido	g/L	17.39	17.39	15.37	15.37
MLVSS fango digerido	g/L	11.88	11.88	11.26	11.26
Contenido en volátiles	%	68.29	68.29	73.28	73.28
Reducción volátiles	%	51.81	51.81	52.69	52.69

Finalmente se calculan las necesidades energéticas para mantener la temperatura a 35 °C en el interior del digestor, se verifica que el sistema de calefacción existente es adecuado y se comprueba que la generación de biogás sea suficiente para autoabastecer a las calderas, de forma que no tenga que llevarse un aporte extra de energía para la consecución del proceso.

Para mantener la temperatura de trabajo en el interior del digestor se dispone de un sistema de intercambio de calor en el que una corriente de fangos es extraída del propio digestor mediante 1+1R bombas de 25 m³/h e impulsada hacia un intercambiador de calor de 150000 kcal/h de capacidad para calentarse antes de volver a introducirse en el proceso. El intercambiador provee el calor necesario gracias a un circuito de agua calentada mediante 1+1R calderas de 150000 kcal/h de capacidad, las cuales obtienen dicha potencia mediante la combustión del propio biogás generado en el digestor, suministrado a la caldera mediante 1+1R turbinas de 30 m³/h. El agua caliente es dirigida hacia el intercambiador mediante 1+1R bombas de 30 m³/h de capacidad.

A continuación se llevan a cabo los cálculos necesarios para determinar las necesidades energéticas del sistema de digestión, que deben contemplar tanto las necesidades de calentamiento del fango de entrada como las pérdidas de calor en tuberías y las pérdidas de calor hacia el aire y el suelo a través de las paredes del digestor. Para ello es necesario conocer las características constructivas del digestor actual:

Parámetro	Unidades	Valor
CARACTERÍSTICAS DEL DIGESTOR EXISTENTE		
Unidades	uds	1.00
Altura cilíndrica	m	11.20
Diámetro cilindro	m	14.00
Altura cono superior	m	4.00
Diámetro tronco cono superior	m	4.91
Altura cono inferior	m	3.10
Diámetro tronco cono inferior	m	3.10
Altura enterrada del cilindro	m	1.50
SUPERFICIE DEL DIGESTOR EXISTENTE		
Perímetro cilindro	m	43.98
Superficie cilíndrica sobre tierra	m ²	426.63
Superficie cilíndrica bajo tierra	m ²	65.97
Pendiente cono superior	%	88.01

Parámetro	Unidades	Valor
Altura total cono en punta	m	6.16
Superficie total cono superior	m ²	205.06
Superficie punta de cono superior	m ²	25.22
Pendiente cono inferior	%	56.88
Altura total cono en punta	m	3.98
Superficie total cono inferior	m ²	177.10
Superficie punta de cono inferior	m ²	8.68
Superficie enterrada	m ²	234.39
Superficie al aire	m ²	606.47
VOLUMEN DEL DIGESTOR EXISTENTE		
Volumen cilíndrico	m ³	1724.11
Volumen total cono superior	m ³	316.12
Volumen punta superior	m ³	13.64
Volumen cono superior	m ³	302.48
Volumen total cono inferior	m ³	204.31
Volumen punta cono inferior	m ³	2.22
Volumen cono inferior	m ³	202.09
Altura ocupada del cono superior	m	1.80
Volumen zona vacía	m ³	112.10
Volumen de fango unitario	m ³	2116.57
Volumen total de digestor	m ³	2228.68

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Caudal másico	kg/h	4540.79	4540.79	4365.06	4365.06
Calor específico del fango	Kcal/Kg°C	1.00	1.00	1.00	1.00
Calor requerido	Kcal/h	95261.31	31753.77	91574.63	30524.88
NECESIDADES PARA COMPENSAR PÉRDIDAS DE CALOR					
Factor conversión w/m°K / Kcal/m h °C		0.87			
Conductividad térmica máxima hormigón	w/m°K	2.50			
Conductividad térmica máxima del poliuretano	w/m°K	0.03			
Conductividad térmica máxima hormigón	Kcal/h m °C	2.17			
Conductividad térmica máxima del poliuretano	Kcal/h m °C	0.02			
Coef de transf de calor superf cilíndrica U max	Kcal/m ² °C h	3.10			
Coef de transf de calor superf superior U max	Kcal/m ² °C h	7.24			
Coef de transf de calor superf inferior U max	Kcal/m ² °C h	2.72			
Pérdidas de calor superficie	Kcal/h	76166.29	39396.36	76166.29	39396.36
Pérdidas de calor suelo	Kcal/h	13904.22	13904.22	13904.22	13904.22
Pérdidas de calor totales en digestor	Kcal/h	90070.51	53300.58	90070.51	53300.58
Pérdidas de calor en intercambiador y tuberías (20%)	Kcal/h	37066.36	17010.87	36329.03	16765.09
NECESIDADES ENERGÉTICAS TOTALES					
Necesidades energéticas totales	Kcal/h	222398.19	102065.22	217974.17	100590.55
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE FANGOS					
Necesidades energéticas máximas	Kcal/h	222398.19			
Capacidad Intercambiador de calor existente	Kcal/h	150000.00			
Capacidad de caldera existente	Kcal/h	150000.00			

Se muestra a continuación el cálculo de las necesidades energéticas del digestor:

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DATOS DE PARTIDA					
Espesor hormigón zona cilíndrica	m	0.70			
Espesor hormigón zona superior	m	0.30			
Espesor hormigón zona inferior	m	0.80			
Espesor aislamiento zona cilíndrica (poliuretano)	m	0.00			
Espesor aislamiento zona superior (poliuretano)	m	0.00			
Espesor aislamiento zona inferior (poliuretano)	m	0.00			
Temperatura interior	°C	35.00	35.00	35.00	35.00
Temperatura mínima ambiente	°C	6.00	20.00	6.00	20.00
Temperatura mínima ambiente suelo	°C	14.00	14.00	14.00	14.00
NECESIDADES PARA CALENTAR FANGO DE ENTRADA					
Caudal de alimentación de fangos	m3/h	4.41	4.41	4.24	4.24
Densidad del fango	Kg/m3	1030.00	1030.00	1030.00	1030.00

A la vista de las necesidades energéticas calculadas, se comprueba que la capacidad del sistema de calentamiento de fangos existente es insuficiente para mantener una temperatura de 35°C en el interior del digestor durante los meses fríos.

Como consecuencia, se propone proyectar una capa de poliuretano para aislar térmicamente el digestor y calorificar las tuberías de fangos, de forma que se obtenga una mayor eficiencia energética en la etapa de digestión. Tal y como se puede comprobar en la tabla inferior, con estas medidas se consigue reducir las necesidades energéticas por debajo de la capacidad del sistema de calefacción existente en la EDAR.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DATOS DE PARTIDA					
Espesor hormigón zona cilíndrica	m	0.70			
Espesor hormigón zona superior	m	0.30			
Espesor hormigón zona inferior	m	0.80			
Espesor aislamiento zona cilíndrica (poliuretano)	m	0.025			

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Espesor aislamiento zona superior (poliuretano)	m	0.025			
Espesor aislamiento zona inferior (poliuretano)	m	0.025			
Temperatura interior	°C	35.00	35.00	35.00	35.00
Temperatura mínima ambiente	°C	6.00	20.00	6.00	20.00
Temperatura mínima ambiente suelo	°C	14.00	14.00	14.00	14.00
NECESIDADES PARA CALENTAR FANGO DE ENTRADA					
Caudal de alimentación de fangos	m ³ /h	4.41	4.41	4.24	4.24
Densidad del fango	Kg/m ³	1030.00	1030.00	1030.00	1030.00
Caudal másico	kg/h	4540.79	4540.79	4365.06	4365.06
Calor específico del fango	Kcal/Kg°C	1.00	1.00	1.00	1.00
Calor requerido	Kcal/h	95261.31	31753.77	91574.63	30524.88
NECESIDADES PARA COMPENSAR PÉRDIDAS DE CALOR					
Factor conversión w/m°K / Kcal/m h °C		0.87			
Conductividad térmica máxima hormigón	w/m°K	2.50			
Conductividad térmica máxima del poliuretano	w/m°K	0.03			
Conductividad térmica máxima hormigón	Kcal/h m °C	2.17			
Conductividad térmica máxima del poliuretano	Kcal/h m °C	0.02			
Coef de transf de calor superf cilíndrica U max	Kcal/m ² °C h	0.73			
Coef de transf de calor superf superior U max	Kcal/m ² °C h	0.85			
Coef de transf de calor superf inferior U max	Kcal/m ² °C h	0.71			
Pérdidas de calor superficie	Kcal/h	13469.01	6966.73	13469.01	6966.73
Pérdidas de calor suelo	Kcal/h	3518.68	3518.68	3518.68	3518.68
Pérdidas de calor totales en digestor	Kcal/h	16987.69	10485.41	16987.69	10485.41
Pérdidas de calor en intercambiador y tuberías (8%)	Kcal/h	8979.92	3379.13	8684.98	3280.82
NECESIDADES ENERGÉTICAS TOTALES					
Necesidades energéticas totales	Kcal/h	121228.92	45618.31	117247.30	44291.11
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE FANGOS					
Necesidades energéticas máximas	Kcal/h	121228.92			
Capacidad Intercambiador de calor existente	Kcal/h	150000.00			
Capacidad de caldera existente	Kcal/h	150000.00			

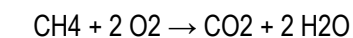
A raíz de los resultados obtenidos, se proyecta el aislamiento del digestor y el calorifugado de las tuberías del proceso, de forma que se mantenga el sistema de calentamiento existente, sustituyendo aquellos equipos obsoletos o que se encuentren en mal estado por otros de las mismas características:

- 1+1R bombas de fangos recirculados de 25 m³/h de caudal unitario
- 1+1R bombas de agua caliente de 30 m³/h de caudal unitario
- 1+0R intercambiadores de calor de 150000 kcal/h de capacidad
- 1+1R turbinas de 30 m³/h de capacidad unitaria
- 1+1R calderas de 150000 kcal/h de potencia unitaria

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO DE CALOR					
Capacidad necesaria de intercambiador	Kcal/h	121228.92			
Capacidad adoptada intercambiador	Kcal/h	150000.00			
Caudal de recirculación de fangos	m3/h	25.00	25.00	25.00	25.00
Densidad del fango	Kg/m3	1030.00	1030.00	1030.00	1030.00
Caudal másico	kg/h	25750.00	25750.00	25750.00	25750.00
Calor específico del fango	Kcal/Kg°C	1.00	1.00	1.00	1.00
Tª de entrada del fango	°C	35.00	35.00	35.00	35.00
Tª de salida del fango	°C	39.71	36.77	39.56	36.72
Tª de entrada del agua	°C	75.00	75.00	75.00	75.00
Calor específico agua	Kcal/Kg°C	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal de bombeo de agua caliente	m3/h	30.00	30.00	30.00	30.00
Tª de salida del agua	°C	70.95	73.48	71.08	73.52
Potencia de calentamiento necesaria	kcal/h	121228.92			
Rendimiento del quemador	%	85			
Potencia necesaria caldera	kcal/h	142622.25			
Potencia caldera existente	kcal/h	150000.00			

El último paso para asegurar el correcto funcionamiento de la etapa de digestión es calcular cuánto caudal de biogás se va a generar en el proceso y comprobar si dicho volumen es suficiente para suministrar la potencia calorífica necesaria en las calderas para cubrir con las necesidades energéticas del digestor.

A partir de la siguiente reacción química, podemos obtener la relación estequiométrica entre el CH₄ y la DQO del fango a digerir, de tal manera que se requieren 2 moles de oxígeno por cada mol de metano.



De aquí se deduce que un mol de metano en condiciones normales (22.4 L a 0°C y 1 atmósfera) requiere 2 moles de oxígeno, lo que equivaldría a 64 g de DQO. Por lo tanto, 1 kg de DQO puede generar 0.35 m³ de metano. Teniendo en cuenta esta premisa y siguiendo los balances de materia realizados anteriormente, se puede calcular la producción de metano en el digestor anaeróbico a partir de la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{CH}_4} \left(\text{m}^3/\text{d} \right) = V \left(\frac{1}{Y_m} - 1 \right) \mu_m \left[1 + \frac{K_{Am}}{S_A} + \frac{S_A}{K_{AI}} \right]^{-1} X_m 35 \times 10^{-5}$$

El CH₄ es el componente principal del biogás obtenido en el proceso de digestión y representa entre el 55 y el 75 % (en volumen) del total, siendo el CO₂ el otro componente significativo. Otros gases habituales aunque en pequeñas cantidades son el H₂, N₂ y SH₂, como se puede ver en la siguiente tabla:

COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS	
Compuesto	Concentración (%)
CH ₄	55.0-75.0
CO ₂	25.0-45.0
H ₂ S	0.0-1.0
N ₂	0.0-1.0

Así, a partir de la cantidad de metano generada por la descomposición de la DQO en el digestor se puede calcular el caudal de biogás que se generará en la EDAR.

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN DIGESTIÓN					
Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
QCH ₄	Nm ³ /d	1017.34	1017.34	1134.81	1134.81
% CH ₄ en gas mínimo	%	55.00	55.00	55.00	55.00
% CH ₄ en gas medio	%	67.00	67.00	67.00	67.00
% CH ₄ en gas máximo	%	75.00	75.00	75.00	75.00
Q biogás mínimo	Nm ³ /d	1356.46	1356.46	1513.07	1513.07
Q biogás medio	Nm ³ /d	1518.43	1518.43	1693.74	1693.74
Q biogás máximo	Nm ³ /d	1849.72	1849.72	2063.28	2063.28

Una vez calculado el caudal de biogás generado en el proceso de digestión, finalmente queda por comprobar si es suficiente para abastecer a las calderas:

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
PODER CALORÍFICO DEL BIOGÁS GENERADO					
Contenido en metano	%	67.00			
Contenido en hidrógeno	%	1.00			
PCI metano	kcal/m3	7737.00			
PCI hidrógeno	kcal/m3	1612.00			
PCI biogás	kcal/m3	5199.91			
GENERACIÓN DE ENERGÍA					
Caudal medio de biogás	Nm3/h	1518.43	1518.43	1693.74	1693.74
Potencial energético medio del biogás	kcal/h	328986.41	328986.41	366970.63	366970.63
Necesidades energéticas digestor	kcal/h	121228.92	45618.31	117247.30	44291.11
Rendimiento de la combustión de biogás	%	80.00	80.00	80.00	80.00

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Necesidades caloríficas requeridas	kcal/h	145474.70	54741.97	140696.76	53149.33
Caudal de biogás necesario	Nm ³ /h	27.98	10.53	27.06	10.22
Fracción sobre caudal de biogás generado	%	44.22	16.64	38.34	14.48
Comprobación caudal		OK	OK	OK	OK
TURBINAS DE BIOGÁS					
Caudal de biogás necesario	Nm ³ /h	27.98	10.53	26.82	10.14
Necesidades energéticas máximas caldera	Kcal/h	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00
Caudal de biogás máximo caldera	Nm ³ /h	28.85	28.85	28.85	28.85
Nº turbinas biogás operativas	uds	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal unitario adoptado turbinas	Nm ³ /h	30.00	30.00	30.00	30.00

Como se puede comprobar en la tabla anterior, la generación de biogás es suficiente llevar a cabo la etapa de digestión anaeróbica del fango con garantías, siendo aprovechado entre el 14 y el 44 % del biogás que se genera en la EDAR. El biogás en exceso se quemará en una nueva antorcha de 110.00 Nm³/h, sustituyendo a la anterior debido a su estado obsoleto.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
ANTORCHA					
Exceso de biogás	Nm3/h	35.29	52.74	43.51	60.35
Caudal máximo generación biogás	Nm3/h	77.07	77.07	85.97	85.97
Caudal antorcha existente	Nm3/h	110.00			

Se ha comprobado que el gasómetro existente posee capacidad suficiente para almacenar biogás durante un tiempo aproximado de 4h en ausencia total de producción, por lo que mantener el gasómetro existente se considera adecuado para las condiciones operativas del nuevo periodo de funcionamiento de la EDAR. Sin embargo, debido a su estado actual de abandono, deberá ser sustituido por otro nuevo de igual capacidad.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
GASÓMETRO					
Presión máxima almacenamiento	atm	1.05	1.05	1.05	1.05
Temperatura máxima almacenamiento	°C	35.00	35.00	35.00	35.00
Volumen medio diario de gas almacenado	m3/h	1631.52	1631.52	1819.89	1819.89
Volumen máximo diario de gas almacenado	m3/h	1987.49	1987.49	2216.96	2216.96
Volumen gasómetro existente	m3	330.00			
Tiempo de retención a caudal medio	h	4.85	4.85	4.35	4.35
Tiempo de retención a caudal máximo	h	3.98	3.98	3.57	3.57
Almacenamiento sobre producción media	%	20.23	20.23	18.13	18.13

Suponiendo que sea necesario llevar a cabo tareas de mantenimiento en la red de biogás o por algún motivo no sea posible quemarlo en las calderas, se dispone de un sistema de alimentación de gasoil formado por un depósito de 5 m³ y 1+1R bombas para alimentar de gasoil a las calderas, con capacidad suficiente para la alimentación de las calderas por un periodo superior a una semana. Dicho sistema se renovará debido a su estado de deterioro por otro de igual capacidad:

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE GASOIL					
Capacidad calorífica que es necesario cubrir	kcal/h	121228.92	45618.31	117247.30	44291.11
Poder calorífico medio del gasoil	kcal/l	8500.00	8500.00	8500.00	8500.00
Rendimiento de la combustión del gasoil	%	80.00	80.00	80.00	80.00
Necesidades horarias de gasoil	L/h	17.83	6.71	17.24	6.51
Volumen diario necesario de gasoil	m3/d	0.43	0.16	0.41	0.16
Previsión de almacenamiento de gasoil	d	7.00	7.00	7.00	7.00
Necesidades de almacenamiento de gasoil	m3	3.00	1.13	2.90	1.09
Número de depósitos de gasoil instalados	Uds.	1.00			
Capacidad depósito de gasoil adoptado	m3	5.00			

Para la agitación de los fangos en el interior del digestor se disponía de un sistema de lanzas que propulsan el propio biogás recogido por la parte superior del digestor. El sistema de agitación se encuentra en total estado de obsolescencia, por lo que se propone su sustitución por un sistema de agitación hidráulico (ROTAMIX o similar).

Es un sistema basado en una agitación hidráulica del fango, mediante su captación desde el fondo del digestor y su impulsión a través de una serie de boquillas colocadas estratégicamente, induciendo un flujo uniforme en la periferia y un flujo vorticial en el centro del digestor. Los componentes del sistema ROTAMIX (se podría disponer de un sistema similar, siempre que la agitación hidráulica sea ubicada en el perímetro, al existir un pilar central que no se puede tocar) son:

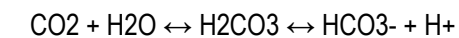
- 2 boquillas dobles en el fondo del digestor.
- 2 boquillas simples en los laterales.
- 1 boquilla simple tipo "foam buster" en la pared lateral.
- 1+1R bombas trituradoras de 575-700 m³/h.

De esta forma, se logra una adecuada homogeneización de los fangos que permita mantener una temperatura uniforme en todo el digestor y mejore el contacto entre el sustrato y las bacterias, ya que la doble función de las bombas, permiten no sólo crear un régimen homogéneo dentro del digestor, sino que además permiten reducir el tamaño de las partículas, mejorando la digestión de los sólidos volátiles dentro del proceso de digestión.

Por otro lado, se plantea proyectar un sistema de regulación del pH del fango en digestión, inexistente en la actualidad. La acidificación del digestor es un fenómeno que puede darse en cualquier momento de su funcionamiento, especialmente cuando se produce algún tipo de desequilibrio del sistema como consecuencia de un descenso de la alcalinidad. La relación existente entre el contenido en ácidos grasos volátiles y la alcalinidad (AGV/Alk) debe mantenerse por debajo de 0.10 para asegurar el correcto funcionamiento de la etapa de digestión. Por lo tanto, para evitar la desestabilización del digestor, es

necesario neutralizar los ácidos presentes en el fango mediante la adición de sustancias alcalinas. Por dicha razón, se proyecta la instalación de un sistema de dosificación de sosa para el control del pH.

La tabla inferior recoge los cálculos realizados para determinar las necesidades de sosa y dimensionar la instalación de dosificación. En ella se presenta el cálculo de los valores de pH y alcalinidad a partir de los cuales se produce la desestabilización del proceso en el digestor de la EDAR de El Ejido. Dicho cálculo se realiza en base a la transformación de compuestos biodegradables y a la generación de CO₂ como resultado de dicha transformación, restandole la cantidad de CO₂ que es arrastrada en el biogás. Los valores de alcalinidad se calculan en base al siguiente equilibrio químico:



Considerando despreciable la presencia de ácido carbónico podemos llegar a la siguiente expresión:

$$\text{pH} = \text{pK}_{a1} + \text{Log} \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$

De aquí se puede calcular la relación entre bicarbonato y dióxido de carbono para un valor de pH dado. Previamente debe considerarse que una porción del CO₂ contenido en el fango estará en forma gaseosa, no considerándose en el equilibrio. Esta porción es calculada en base a la ley de Henry, teniendo en cuenta la presión parcial de CO₂ en el digestor y la constante de Henry para el CO₂ a la temperatura del digestor.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
ALCALINIDAD DEL SISTEMA DE DIGESTIÓN					
Caudal de fango a tratar	m3/d	105.80	105.80	101.71	101.71
Temperatura digestión	°C	35.00	35.00	35.00	35.00
SSv fango influente	g/m3	36527.50	36527.50	41540.19	41540.19
SSv influente	g/d	3864788.80	3864788.80	4225060.18	4225060.18
SSv fango digerido	g/m3	11875.99	11875.99	11261.39	11261.39
SSv fango digerido	g/d	1256538.07	1256538.07	1145397.76	1145397.76
SSv eliminados	g/d	2608250.73	2608250.73	3079662.43	3079662.43
C transformado por eliminación SSv	g/d	1384911.89	1384911.89	1635218.99	1635218.99
Metano producido	gO2/d	2906699.46	2906699.46	3242302.15	3242302.15
Metano producido	gCH4/d	726674.87	726674.87	810575.54	810575.54
C producido como metano	gC/d	545006.15	545006.15	607931.65	607931.65
Acetato generado como DQO	gO2/m3	348.87	348.87	360.57	360.57
Fermentables generados como DQO	gO2/m3	9.54	9.54	9.50	9.50
DQO soluble biodegradable en influente	gO2/m3	201.33	201.33	294.22	294.22
Resto de acetato generado a partir de SSv	gO2/m3	157.08	157.08	75.85	75.85
Acetato total como DQO	gO2/d	16619.93	16619.93	7715.16	7715.16
Acetato total	g/d	15581.19	15581.19	7232.96	7232.96
C producido como acetato	gC/d	6232.47	6232.47	2893.19	2893.19
C transformado en CO2	gC/d	833673.27	833673.27	1024394.15	1024394.15
Biogás generado	Nm3/d	1518.43	1518.43	1693.74	1693.74

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
ALCALINIDAD DEL SISTEMA DE DIGESTIÓN					
CO2 en biogás	%	33.00	33.00	33.00	33.00
Porción de biogás que es CO2	Nm3/d	501.08	501.08	558.93	558.93
C como CO2 en el biogás	gC/d	268435.86	268435.86	299429.02	299429.02
C como CO2 que permanece en el fango	gC/d	565237.40	565237.40	724965.13	724965.13
CO2 que permanece en fango	g CO2/d	2072537.15	2072537.15	2658205.46	2658205.46
CO2 que permanece en fango	g CO2/m3	19588.29	19588.29	26135.10	26135.10
C como CO2 que permanece en el fango	g C/m3	5342.26	5342.26	7127.75	7127.75
C como CO2 en fase gaseosa del fango	g C/m3	154.40	154.40	154.40	154.40
C como CO2 en fase acuosa del fango	g C/m3	5187.86	5187.86	6973.36	6973.36
AGV/Alk (< 0.10)		0.07	0.07	0.07	0.07
pK1		6.31	6.31	6.31	6.31
proporción HCO3-/CO2		0.31	0.31	0.22	0.22
% C como HCO3-	%	0.24	0.24	0.18	0.18
C como HCO3-	gC/m3	1228.22	1228.22	1255.59	1255.59
HCO3-	gHCO3-/m3	6243.47	6243.47	6382.59	6382.59
Alcalinidad fango necesaria	g CaCO3/m3	5117.60	5117.60	5231.63	5231.63
pH mínimo desestabilización		5.80	5.80	5.65	5.65

Como se puede observar en la tabla, un pH inferior a 5.80 produce la desestabilización del proceso de digestión de fangos. Como consecuencia, se ha dimensionado un sistema de seguridad para la dosificación de sosa cuando el pH del sistema baje de 6.50, de forma que se mantenga en un valor mínimo de 6.80, apropiado para que tengan lugar los procesos llevados a cabo por las bacterias metanogénicas.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DOSIFICACIÓN DE SOSA					
Temperatura	°C	35.00	35.00	35.00	35.00
pK1		6.31	6.31	6.31	6.31
pH1		6.80	6.80	6.80	6.80
HCO3-/H2CO3 a pH1		3.10	3.10	3.10	3.10
% C como HCO3-		0.76	0.76	0.76	0.76
C como HCO3-		3923.10	3923.10	5273.31	5273.31
HCO3- a pH1	mgHCO3-/L	19942.44	19942.44	26805.98	26805.98
Moles HCO3- a pH1	M	0.33	0.33	0.44	0.44

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Alcalinidad considerada a pH1	mgCaCO3/L	16346.26	16346.26	21972.11	21972.11
pH2 (Valor real)		6.50	6.50	6.50	6.50
HCO3-/H2CO3 a pH2		1.55	1.55	1.55	1.55
% C como HCO3-		0.61	0.61	0.61	0.61
C como HCO3-		3157.08	3157.08	4243.64	4243.64
HCO3- a pH2	mgHCO3-/L	16048.48	16048.48	21571.85	21571.85
Moles HCO3- a pH2	M	0.26	0.26	0.35	0.35
Alcalinidad considerada a pH2	mgCaCO3/L	13154.49	13154.49	17681.84	17681.84
Diferencia	M	0.06	0.06	0.09	0.09
PM NaOH	g/mol	40.00	40.00	40.00	40.00
Adición de NaOH necesaria	kgNaOH/m3	2.55	2.55	3.43	3.43
Volumen digestor	m3	2116.57	2116.57	2116.57	2116.57
Adición total	kgNaOH	5404.49	5404.49	7264.54	7264.54
Riqueza	%	50.00	50.00	50.00	50.00
Densidad	kg/L	1.52	1.52	1.52	1.52
Adición necesaria	m3	7.11	7.11	9.56	9.56
Volumen depósito adoptado	m3	10.00			
Tiempo dosificación	h/d	8.00	8.00	8.00	8.00
Nº bombas activas	uds	1.00	1.00	1.00	1.00
Nº bombas reserva	uds	1.00	1.00	1.00	1.00
Caudal bomba necesario	L/h	888.90	888.90	1194.83	1194.83
Caudal bomba adoptado	L/h	1000.00			

Para el ajuste de pH, se contempla en base a los resultados obtenidos, la **instalación de un depósito de 10.00 m3 y 1+1R bombas dosificadoras con capacidad unitaria para dosificar 1000 L/h.**

Finalmente, para llevar a cabo la precipitación del sulfuro contenido en el biogás y evitar el deterioro de las turbinas y calderas, se proyecta un sistema de dosificación de FeCl3. El origen del sulfuro que se generará en el digestor anaeróbico tiene una doble procedencia, por un lado el contenido en SO4= disuelto en la fase líquida del fango, procedente del influente a planta a través de la decantación primaria, y el arrastrado a través de la decantación secundaria cuya concentración se incrementará con respecto al inicial dada la mineralización de parte de la materia orgánica del influente por vía aeróbica, transformándose el S contenido en la materia orgánica en SO4=. Este SO4= mediante reducción desasimilatoria realizada por bacterias sulfato reductoras pasa a convertirse en S=.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
POTENCIAL DE GENERACIÓN DE SULFUROS					
Caudal de fangos	m3/d	105.80	105.80	101.71	101.71
Sulfatos fangos mixtos	mg/L	60.00	60.00	60.00	60.00
Transformación Sulfatos en sulfuros	mg/L	20.63	20.63	20.63	20.63
SSv eliminados	g/L	24.65	24.65	30.28	30.28
Potencial de sulfuro de materia orgánica	mg/L	246.52	246.52	302.79	302.79
Potencial de generación de sulfuro en digestión	mg/L	267.14	267.14	323.41	323.41

Para la eliminación del sulfhídrico se proyecta la dosificación de cloruro férrico. Como reactivo se selecciona el FeCl₃ al 40 % dado su coste económico. La reacción del sulfuro con el hierro no es completa, dado que el hierro puede precipitar en otras formas, concretamente como Fe(OH)₃, compuesto altamente insoluble, lo que favorecerá la pérdida de hierro dosificado, aunque como limitante estará el pH del sistema. Consideramos que la eficacia de la reacción es del 60 %, calculando consecuentemente el sistema de precipitación de sulfuros.

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
CARACTERÍSTICAS FECL3					
Riqueza	%	40.00			
Densidad	g/ml	1.43			
Concentración	g/L	572.00			
2FeCl3 + 3 HS- ↔ Fe2S3+ 3HCl+ 3Cl-					
Necesidades de Hierro	mg/L	302.22	302.22	365.88	365.88
Necesidades de Tricloruro de hierro	mg/L	876.98	876.98	1061.71	1061.71
Necesidades diarias de tricloruro de hierro	g/d	92788.27	92788.27	107986.66	107986.66
Necesidades diarias de tricloruro de hierro	L/d	162.22	162.22	188.79	188.79
Necesidades horarias de tricloruro de hierro	L/h	6.76	6.76	7.87	7.87
Fe2+ + HS- ↔ FeS+ H+					
Necesidades de Hierro	mg/L	453.33	453.33	548.82	548.82
Necesidades de Tricloruro de hierro	mg/L	1315.46	1315.46	1592.56	1592.56
Necesidades diarias de tricloruro de hierro	g/d	139182.40	139182.40	161979.98	161979.98
Necesidades diarias de tricloruro de hierro	L/d	243.33	243.33	283.18	283.18
Necesidades diarias de tricloruro de hierro	L/h	10.14	10.14	11.80	11.80
ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN FECL3					
Necesidades	L/h	10.14	10.14	11.80	11.80
Rendimiento de la reacción	%	60.00	60.00	60.00	60.00
Necesidades reales	L/h	16.90	16.90	19.67	19.67
Número de bombas dosificadoras activas	uds	1	1	1	1
Número de bombas dosificadoras reserva	uds	1	1	1	1
Caudal necesario	L/h	16.90	16.90	19.67	19.67
Capacidad máxima necesaria	L/h	19.67			

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
Bomba seleccionada	L/h	30.00			
Tiempo de almacenamiento	d	7.00			
Necesidades de depósito	m ³	2.84	2.84	3.30	3.30
Depósito seleccionado	m ³	3.50			

A la vista de los cálculos, se proyecta para la precipitación de los sulfuros un depósito de 3.50 m³ de FeCl₃ y 1+1R bombas dosificadoras de 30.00 L/h.

3.3 ACUMULACIÓN DE FANGOS DIGERIDOS

Los fangos una vez digeridos se acumulan junto a los fangos bypassados en un depósito tampón para su almacenamiento previo a la etapa de deshidratación. Como se aprecia en la tabla inferior, se ha podido constatar que dicho depósito posee las dimensiones adecuadas, dentro de esta solución integradora, para llevar a cabo su función de espesado y acumulación durante, al menos, los fines de semana:

Parámetro	Unidades	Escenario actual		Escenario horizonte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano
DEPÓSITO TAMPÓN					
Diámetro depósito	m	11.00			
Superficie depósito	m2	95.03			
Altura depósito	m	3.50			
Volumen depósito	m3	332.62			
Caudal horario fangos digeridos	m3/h	14.00	14.00	14.00	14.00
Peso de fangos digeridos	kg/d	1840.03	1840.03	1562.95	1562.95
Concentración fangos digeridos	kg/m3	17.39	17.39	15.37	15.37
Caudal horario fangos biológicos	m3/h	40.00	40.00	40.00	40.00
Peso de fangos biológicos	kg/d	1457.42	1457.42	2966.04	2966.04
Concentración fangos biológicos	kg/m3	35.00	35.00	35.00	35.00
Caudal horario total	m3/h	54.00	54.00	54.00	54.00
Peso de fangos total	kg/d	3297.45	3297.45	4528.99	4528.99
Concentración fangos total	kg/m3	22.36	22.36	24.29	24.29
Concentración de salida	kg/m3	35.00	35.00	35.00	35.00
Concentración promedio	kg/m3	28.68	28.68	29.65	29.65
CONDICIONES OPERATIVAS					
Carga hidráulica < 1.40	m/h	0.57	0.57	0.57	0.57
Tiempo de retención hidráulico > 48	h	69.44	69.44	52.25	52.25
Carga de sólidos < 90	kgMS/m2d	34.70	34.70	47.66	47.66
Volumen de lodos concentrados	m3/d	94.21	94.21	129.40	129.40

ANEJO Nº3.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	CRITERIOS DE CÁLCULO ADOPTADOS	3
2.1.	PÉRDIDAS EN TUBERÍAS	3
2.1.1.	PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO LINEAL	3
2.1.2.	PÉRDIDA DE CARGA EN SINGULARIDADES.....	3
3.	DATOS DE PARTIDA	3
3.1.	DATOS TOPOGRÁFICOS.....	3
3.2.	CAUDALES	3
4.	CÁLCULO DE BOMBAS	4
4.1.	COMPROBACIÓN DE BOMBEO DE RECIRCULACIÓN DE FANGOS PARA CALENTAMIENTO.....	4
4.2.	COMPROBACIÓN DE BOMBEO DE FANGOS A DIGESTIÓN	6

1. INTRODUCCIÓN

Se muestran a continuación algunas de las fórmulas empleadas para el cálculo hidráulico del digestor de fangos en la EDAR de El Ejido.

Dichas fórmulas son las empleadas normalmente para este tipo de cálculo y han sido extraídas de publicaciones especializadas en el tema. Entre ellas se pueden citar:

- “Curso sobre Tratamiento de aguas residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras”. CEDEX
- “Saneamiento y Alcantarillado. Vertidos Residuales”. Aurelio Hernández Muñoz

2. CRITERIOS DE CÁLCULO ADOPTADOS

2.1. PÉRDIDAS EN TUBERÍAS

2.1.1. PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO LINEAL

Para el análisis de la pérdida de carga en tuberías se usa la expresión propuesta por Colebrook, universalmente aceptada para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías de presión por las que circula el agua en régimen de transición o turbulento. La dificultad de la determinación de la pérdida de carga obliga al uso de tablas o bien, como se ha realizado mediante hoja de cálculo, a la resolución numérica de dicha ecuación para los valores concretos de rugosidad, velocidad y diámetro de la tubería.

La pérdida de carga viene dada por la siguiente expresión (fórmula simplificada de Prandtl-Nikuradse):

$$J_r = \frac{L \cdot n \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

- L = longitud (m)
- N = Lb/D
- Lb = $1/[2\log_{10}(3,7/R)]^2$ (Coef. Pérdida de carga)
- R = K/D (Coeficiente de Rugosidad relativa)
- D = diámetro de la tubería
- V = velocidad media del fluido en la tubería (m/s)
- g = aceleración de la gravedad (m2/s)

2.1.2. PÉRDIDA DE CARGA EN SINGULARIDADES

La pérdida de carga genérica en una singularidad viene dada por la siguiente expresión, en donde “k” adopta distintos valores según el accidente.

$$h = k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

- h = Pérdida de carga (m.c.a.).
- v = Velocidad media del fluido de la tubería (m/s).
- g = Aceleración de la gravedad (m/s2).
- k = Coeficiente de la singularidad.

A continuación, se representa también el valor de “k” para distintas singularidades:

ACCIDENTE	k
Puesta en carga	0,50
Descarga	1,00
Codos a 45°.	0'17
Codos a 90°.	0'29
Cono divergente	2,80
Cono convergente	2,00
Té de separación	1,075
Te de reunión	1,25
Válvula	0'12

3. DATOS DE PARTIDA

3.1. DATOS TOPOGRÁFICOS

	Cota
DIGESTOR EXISTENTE:	
LÁMINA DE AGUA	68.50
ARRANQUE DE MUROS	55.50
PUNTO BAJO SOLERA	52.40
TERRENO	57.00
ARQUETA DE FANGOS MIXTOS	
SOLERA	57.00
SOLERA EDIFICIO DE DIGESTIÓN	57.00
SOLERA ARQUETA DE BOMBEO DE FANGOS MIXTOS	53.30
ARQUETA DE VACIADOS DE DIGESTORES (EXISTENTE)	55.15

3.2. CAUDALES

	Caudal de diseño (m³/h)	Nº Bombas	Observaciones
Caudal total de fangos a digestión	14	2+1R	Una bomba bombeará fango primario (de espesador de gravedad), otra fango secundario o mixto de arqueta de fangos espesados. La restante será de reserva común a las dos anteriores.
Caudal de recirculación de fangos	25	1+1R	Las bombas existentes se reemplazarán
Caudal de agua a intercambiadores	25	1+1R	Las bombas existentes se reemplazarán

4. CÁLCULO DE BOMBAS

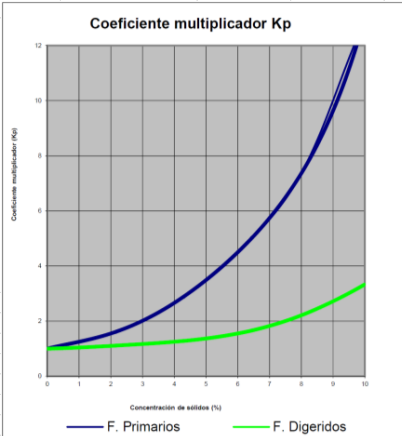
Se muestra a continuación el cálculo detallado de la línea piezométrica de la planta mediante hoja de cálculo.

Donde:

- Jrel = Pérdida de carga relativa, del elemento concreto en el que se analiza la pérdida de carga
- Jacu = Pérdida de carga acumulada desde el vertido hasta el elemento considerado
- Jabs = Cota absoluta de la lámina de agua o de la coronación de los elementos. Cota a la que realmente estará el elemento

4.1. COMPROBACIÓN DE BOMBEO DE RECIRCULACIÓN DE FANGOS PARA CALENTAMIENTO

- Caudal = 25 m3/h
- Aspiración en acero inox. DN100:
 - Longitud en inox. 12,5 m (interior de digestor y conexión a bombas)
 - Piezas especiales: 3 Codos de 90° - 1 puesta en carga – 1 cono convergente – 1 T de separación – 1 Válvula
- Impulsión a intercambiador en acero inox. DN100:
 - Longitud: 2,0 m
 - Piezas especiales: 2 Codos de 90° - 1 intersección - Válvula antirretorno – 1 Válvula de corte
- Intercambiador en DN125:
 - Longitud de tubería: 20,0 m
 - Piezas especiales: 8 Codos de 90° - 2 Válvulas de corte – 1 Intersección

E.D.A.R. EL EJIDO						
LINEA PIEZOMETRICA	CAUDAL PUNTA	Jrel.	Jacu.	Jabs.	cota terreno	altura equipos
El manejo de los lodos requiere la consideración de las peculiaridades propias de este líquido. Así, salvo excepciones como el caso anterior de fluidos bombeados mediante bombas de tornillo helicoidal en que el límite de la tubería lo marca la velocidad mínima, no deben utilizarse diámetros inferiores a DN 150 mm en conducciones muy largas. Debe dimensionarse para velocidad de 1 m/s, evitándose sedimentaciones en las conducciones, no bajando de los 0,6 m/s, ni subiendo de los 2,4 m/s. Las pérdidas de carga dependen de la naturaleza del fango y de la velocidad del flujo. Las pérdidas de carga para transporte de fangos primarios pueden ser las de la pérdida de agua limpia multiplicada por un coeficiente de 1,1 a 1,2; con fangos espesados las pérdidas pueden ser las de agua potable multiplicadas por un coeficiente de 2,0 a 4,0. El citado coeficiente multiplicador, en conducciones, con velocidad de circulación de 1,8 m/s a 2,4 m/s, pueden ser de 1,1; entre 1,5 m/s y 1,8 m/s puede ser de 1,25; para velocidades menores a 1,5 m/s suele recomendarse el empleo del siguiente gráfico para obtener el coeficiente multiplicador, Kp, aplicado a la pérdida con circulación de agua limpia. Coeficiente multiplicador Kp  En el caso del digestor de El Ejido, se considerará una concentración del 4%, de fangos espesados, y un coef. multiplicador de						
3						
BOMBEO DE FANGOS PRIMARIOS A DIGESTIÓN						
Superficie agua en el digestor						
TUBERIA (Colebrook) Tubería de aspiración. Tramo 1: A.Inox. DN100						
Caudal hidráulico de cálculo :	0,007	m³/s	25	m³/h		
Longitud equivalente de tubería :			12,5	m		
Diámetro de la tubería (A.Inox.) :			0,100	m		
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:			0,460	mm		
a) Pérdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandtl-Nikuradse) :						
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro			0,0046			
Coef. pérdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=			0,030			
N = Lb / Diámetro =			0,296			
Velocidad máxima = Qmax /(PI. * Ø² / 4)=			0,884	m/s		
Jr=Long.N.V²/2g=			0,148	m.c.a.		
b) Pérdidas de carga singulares						
		K	J = K * v² / (2g)			
Puesta en carga	1	0,500	0,020	m.c.a.		
Descarga	0	1,000	0,000	m.c.a.		
Codo de 90º	3	0,290	0,035	m.c.a.		
Codo de 45º	0	0,170	0,000	m.c.a.		
Cono divergente	0	2,800	0,000	m.c.a.		
Cono convergente	1	2,000	0,080	m.c.a.		
Te de separación	1	1,075	0,043	m.c.a.		
Te de reunión	0	1,250	0,000	m.c.a.		
Válvula	1	0,120	0,005	m.c.a.		
Otros	0	0,000	0,000	m.c.a.		
J singular =			0,182	m.c.a.		
J total en la tubería por Colebrook =		0,330	m.c.a.	0,330		
Fango					56,270	57,000 -0,730
Coeficiente K para fangos		3,00			55,611	

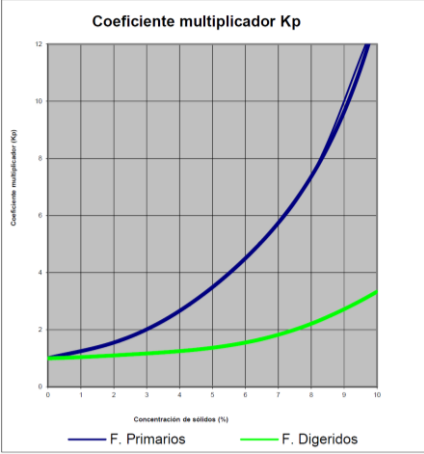
					°C	T mmHg	Pa	kPa	bar
Carga de agua en la aspiración	h=	55,61	m		0	4,58	610,67	0,61	0,01
Altitud del lugar:		57	m		5	6,54	872,00	0,87	0,01
temperatura fluido		28	°C		10	9,21	1.228,00	1,23	0,01
		301,000	°K		15	12,79	1.705,33	1,71	0,02
Tension de vapor:		3,946	kPa		20	17,54	2.338,67	2,34	0,02
		3.945,834	Pa		25	23,77	3.169,33	3,17	0,03
		0,0395	bar		30	31,84	4.245,33	4,25	0,04
		0,403	mCA		40	55,36	7.381,33	7,38	0,07
Patmosférica normal=		101,300	kPa		50	92,6	12.346,67	12,35	0,12
		10,337	mCA		60	149,51	19.934,67	19,93	0,20
Patmosférica corregida=		10,272	mCA		70	233,85	31.180,00	31,18	0,31
NPSH requerido según fabricante		9,900	m		80	355,34	47.378,67	47,38	0,47
NPSH disponible		65,151	m		90	525,94	70.125,33	70,13	0,70
	NPSHd-NPSHr=	55,251	correcto		95	642,97	85.729,33	85,73	0,86
					100	760	101.333,33	101,33	1,01
IMPULSIÓN									
TUBERIA (Colebrook) Pantalon de impulsión a Intercambiador							56,270		
Caudal hidráulico de cálculo :	0,007	m³/s	25	m³/h					
Longitud equivalente de tubería :			2,0	m					
Diámetro de la tubería :			0,100	m					
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:			0,460	mm					
a) Perdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandtl-Nikuradse) :									
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro			0,0046						
Coef. perdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=			0,030						
N = Lb / Diámetro =			0,296						
Velocidad máxima = Qmax / (Pl. * Ø² / 4)=			0,884	m/s					
Jr=Long.N.V²/2g=			0,024	m.c.a.					
b) Perdidas de carga singulares									
		K	J = K * v² / (2g)						
Puesta en carga	0	0,500	0,000	m.c.a.					
Descarga	0	1,000	0,000	m.c.a.					
Codo de 90°	2	0,290	0,023	m.c.a.					
Codo de 45°	0	0,170	0,000	m.c.a.					
Cono divergente	0	0,357	0,000	m.c.a.					
Cono convergente	0	2,000	0,000	m.c.a.					
Te de separación	0	1,075	0,000	m.c.a.					
Te de reunión	1	1,250	0,050	m.c.a.					
Válvula	2	0,120	0,010	m.c.a.					
Otros	0	1,700	0,000	m.c.a.					
	J singular =		0,083	m.c.a.					
	J total en la tubería por Colebrook =	0,106	m.c.a.		0,106	0,436	56,376		
TUBERIA (Colebrook) INTERCAMBIADOR									
Caudal hidráulico de cálculo :	0,007	m³/s	25	m³/h					
Longitud equivalente de tubería :			20,0	m					
Diámetro de la tubería :			0,125	m					
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:			0,460	mm					
a) Perdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandtl-Nikuradse) :									
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro			0,0037						
Coef. perdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=			0,028						
N = Lb / Diámetro =			0,222						
Velocidad máxima = Qmax / (Pl. * Ø² / 4)=			0,566	m/s					
Jr=Long.N.V²/2g=			0,072	m.c.a.					
b) Perdidas de carga singulares									
		K	J = K * v² / (2g)						
Puesta en carga	0	0,500	0,000	m.c.a.					
Descarga	0	1,000	0,000	m.c.a.					
Codo de 90°	8	0,290	0,038	m.c.a.					
Codo de 45°	0	0,170	0,000	m.c.a.					
Cono divergente	0	0,357	0,000	m.c.a.					
Cono convergente	0	2,000	0,000	m.c.a.					
Te de separación	0	1,075	0,000	m.c.a.					
Te de reunión	0	1,250	0,000	m.c.a.					
Válvula	2	0,120	0,004	m.c.a.					
Otros	0	1,700	0,000	m.c.a.					
	J singular =		0,042	m.c.a.					
	J total en la tubería por Colebrook =	0,114	m.c.a.		0,114	1,422	56,491		

TUBERIA (Colebrook) INTERCAMBIADOR - DIGESTOR									
Caudal hidráulico de cálculo :	0,007	m³/s	25	m³/h					
Longitud equivalente de tubería :			42,0	m					
Diámetro de la tubería :			0,100	m					
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:			0,460	mm					
a) Perdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandtl-Nikuradse) :									
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro			0,0046						
Coef. perdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=			0,030						
N = Lb / Diámetro =			0,296						
Velocidad máxima = Qmax / (Pl. * Ø² / 4)=			0,884	m/s					
Jr=Long.N.V²/2g=			0,496	m.c.a.					
b) Perdidas de carga singulares									
		K	J = K * v² / (2g)						
Puesta en carga	0	0,500	0,000	m.c.a.					
Descarga	0	1,000	0,000	m.c.a.					
Codo de 90°	10	0,290	0,116	m.c.a.					
Codo de 45°	2	0,170	0,014	m.c.a.					
Cono divergente	0	2,800	0,000	m.c.a.					
Cono convergente	0	2,000	0,000	m.c.a.					
Te de separación	0	1,075	0,000	m.c.a.					
Te de reunión	0	1,250	0,000	m.c.a.					
Válvula	1	0,120	0,005	m.c.a.					
Otros	1	5,000	0,199	m.c.a.					
	J singular =		0,333	m.c.a.					
	J total en la tubería por Colebrook =	0,830	m.c.a.		0,830	2,252	57,320		
TUBERIA (Colebrook) INTERCAMBIADOR - DIGESTOR: Tramo 2, PEHD DN125, 17 m									
Caudal hidráulico de cálculo :	0,007	m³/s	25	m³/h					
Longitud equivalente de tubería :			0,0	m					
Diámetro de la tubería :			0,110	m					
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:			0,460	mm					
a) Perdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandtl-Nikuradse) :									
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro			0,0042						
Coef. perdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=			0,029						
N = Lb / Diámetro =			0,261						
Velocidad máxima = Qmax / (Pl. * Ø² / 4)=			0,728	m/s					
Jr=Long.N.V²/2g=			0,000	m.c.a.					
b) Perdidas de carga singulares									
		K	J = K * v² / (2g)						
Puesta en carga	0	0,500	0,000	m.c.a.					
Descarga	0	1,000	0,000	m.c.a.					
Codo de 90°	0	0,290	0,000	m.c.a.					
Codo de 45°	0	0,170	0,000	m.c.a.					
Cono divergente	0	2,800	0,000	m.c.a.					
Cono convergente	0	2,000	0,000	m.c.a.					
Te de separación	0	1,075	0,000	m.c.a.					
Te de reunión	0	1,250	0,000	m.c.a.					
Válvula	0	0,120	0,000	m.c.a.					
Otros	0	5,000	0,000	m.c.a.					
	J singular =		0,000	m.c.a.					
	J total en la tubería por Colebrook =	0,000	m.c.a.		0,000	2,252	57,320		
TUBERIA (Colebrook) INTERCAMBIADOR - DIGESTOR: Tramo 3, 3 m de Acero Inox. DN125									
Caudal hidráulico de cálculo :	0,007	m³/s	25	m³/h					
Longitud equivalente de tubería :			0,0	m					
Diámetro de la tubería :			0,125	m					
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:			0,460	mm					
a) Perdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandtl-Nikuradse) :									
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro			0,0037						
Coef. perdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=			0,028						
N = Lb / Diámetro =			0,222						
Velocidad máxima = Qmax / (Pl. * Ø² / 4)=			0,566	m/s					
Jr=Long.N.V²/2g=			0,000	m.c.a.					

b) Perdidas de carga singulares		K	J = K * v ² / (2g)					
Puesta en carga	0	0,500	0,000	m.c.a.				
Descarga	0	1,000	0,000	m.c.a.				
Codo de 90°	0	0,290	0,000	m.c.a.				
Codo de 45°	0	0,170	0,000	m.c.a.				
Cono divergente	0	2,800	0,000	m.c.a.				
Cono convergente	0	2,000	0,000	m.c.a.				
Te de separación	0	1,075	0,000	m.c.a.				
Te de reunión	0	1,250	0,000	m.c.a.				
Válvula	0	0,120	0,000	m.c.a.				
Otros	0	10,000	0,000	m.c.a.				
J singular =			0,000	m.c.a.				
J total en la tubería por Colebrook =		0,000	m.c.a.		0,000	2,252	57,320	
TUBERIA (Colebrook) INTERCAMBIADOR - DIGESTOR: Tramo 4, 17 m de Acero Inox. DN150								
Caudal hidráulico de cálculo :	0,007	m ³ /s	25	m ³ /h				
Longitud equivalente de tubería :			0,0	m				
Diámetro de la tubería :			0,150	m				
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:			0,460	mm				
a) Perdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandtl-Nikuradse) :								
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro			0,0031					
Coef. perdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=			0,026					
N = Lb / Diámetro =			0,176					
Velocidad máxima = Qmax / (Pl. * Ø² / 4)=			0,393	m/s				
Jr=Long.N.V²/2g=			0,000	m.c.a.				
b) Perdidas de carga singulares		K	J = K * v ² / (2g)					
Puesta en carga	0	0,500	0,000	m.c.a.				
Descarga	0	1,000	0,000	m.c.a.				
Codo de 90°	0	0,290	0,000	m.c.a.				
Codo de 45°	0	0,170	0,000	m.c.a.				
Cono divergente	0	2,800	0,000	m.c.a.				
Cono convergente	0	2,000	0,000	m.c.a.				
Te de separación	0	1,075	0,000	m.c.a.				
Te de reunión	0	1,250	0,000	m.c.a.				
Válvula	0	0,120	0,000	m.c.a.				
Otros	0	10,000	0,000	m.c.a.				
J singular =			0,000	m.c.a.				
J total en la tubería por Colebrook =		0,000	m.c.a.		0,000	2,252	57,320	
				Cota agua en digestor			68,500	
				Cota agua en entrada a digestor			70,000	
				Total diferencia geometrica			1,500	
				TOTAL ALTURA NECESARIA PARA ELEVACION			3,752	
				Coeficiente K para fangos	3,00		8,255	
				Altura adoptada en bombas, a q max			8,300	
				Margen en el bombeo			0,045	

4.2. COMPROBACIÓN DE BOMBEO DE FANGOS A DIGESTIÓN

- Caudal = 14 m³/h
- Aspiración de espesador de gravedad en acero inox. DN150:
 - Longitud en inox. 4,5 m (conexión con centro de espesador)
 - Piezas especiales: 1 puesta en carga – 1 cono convergente
- Aspiración de salida de espesador de gravedad en PVC PN10 - DN160:
 - Longitud en inox. 10,5 m (conexión con aspiración en inox.)
 - Piezas especiales: 5 codos de 90° - 1 cono convergente – 1 T de separación – 2 válvulas
- Aspiración desde conexión a tubo de PVC DN150 a bombas en PVC PN10 – DN90:
 - Longitud en inox. 5,0 m (conexión con aspiración en PVC DN160)
 - Piezas especiales: 2 codos de 90° - 1 cono convergente – 1 T de separación – 2 válvulas

E.D.A.R. EL EJIDO						
LINEA PIEZOMETRICA	CAUDAL PUNTA	Jrel.	Jacu.	Jabs.	cota terreno	altura equipos
El manejo de los lodos requiere la consideración de las peculiaridades propias de este líquido. Así, salvo excepciones como el caso anterior de fluidos bombeados mediante bombas de tornillo helicoidal en que el límite de la tubería lo marca la velocidad mínima, no deben utilizarse diámetros inferiores a DN 150 mm en conducciones muy largas. Debe dimensionarse para velocidad de 1 m/s, evitándose sedimentaciones en las conducciones, no bajando de los 0,6 m/s, ni subiendo de los 2,4 m/s. Las pérdidas de carga dependen de la naturaleza del fango y de la velocidad del flujo. Las pérdidas de carga para transporte de fangos primarios pueden ser las de la pérdida de agua limpia multiplicada por un coeficiente de 1,1 a 1,2; con fangos espesados las pérdidas pueden ser las de agua potable multiplicadas por un coeficiente de 2,0 a 4,0. Las pérdidas de carga dependen de la naturaleza del fango y de la velocidad del flujo. Las pérdidas de carga para transporte de fangos primarios pueden ser las de la pérdida de agua limpia multiplicada por un coeficiente de 1,1 a 1,2; con fangos espesados las pérdidas pueden ser las de agua potable multiplicadas por un coeficiente de 2,0 a 4,0. El citado coeficiente multiplicador, en conducciones, con velocidad de circulación de 1,8 m/s a 2,4 m/s, pueden ser de 1,1; entre 1,5 m/s y 1,8 m/s puede ser de 1,25; para velocidades menores a 1,5 m/s suele recomendarse el empleo del siguiente gráfico para obtener el coeficiente multiplicador, Kp, aplicado a la pérdida con circulación de agua limpia.						
						
En el caso del digestor de El Ejido, se considerará una concentración del 3%, de fangos mixtos espesados, y un coef. multiplicador de						
3						
BOMBEO DE FANGOS PRIMARIOS A DIGESTIÓN						
Superficie agua en el digestor						
TUBERIA (Colebrook) Tubería de aspiración. Tramo 1: A.Inox. DN150						
Caudal hidráulico de cálculo :	0,004	m³/s	14,0	m³/h		
Longitud equivalente de tubería :			4,5	m		
Diámetro de la tubería (A.Inox.) :			0,150	m		
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:			0,460	mm		
a) Pérdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandlt-Nikuradse) :						
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro			0,0031			
Coef. perdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=			0,026			
N = Lb / Diámetro =			0,176			
Velocidad máxima = Qmax /(Pi. * Ø² / 4)=			0,220	m/s		
Jr=Long.N.V²/2g=			0,002	m.c.a.		
b) Pérdidas de carga singulares						
Puesta en carga	1	0,500	0,001	m.c.a.		
Descarga	0	1,000	0,000	m.c.a.		
Codo de 90º	0	0,290	0,000	m.c.a.		
Codo de 45º	0	0,170	0,000	m.c.a.		
Cono divergente	0	2,800	0,000	m.c.a.		
Cono convergente	1	2,000	0,005	m.c.a.		
Te de separación	0	1,075	0,000	m.c.a.		
Te de reunión	0	1,250	0,000	m.c.a.		
Válvula	0	0,120	0,000	m.c.a.		
Otros	0	0,000	0,000	m.c.a.		
J singular =			0,006	m.c.a.		
J total en la tubería por Colebrook =	0,008	m.c.a.	0,008	0,008		
Fango			56,592	57,000	-0,408	

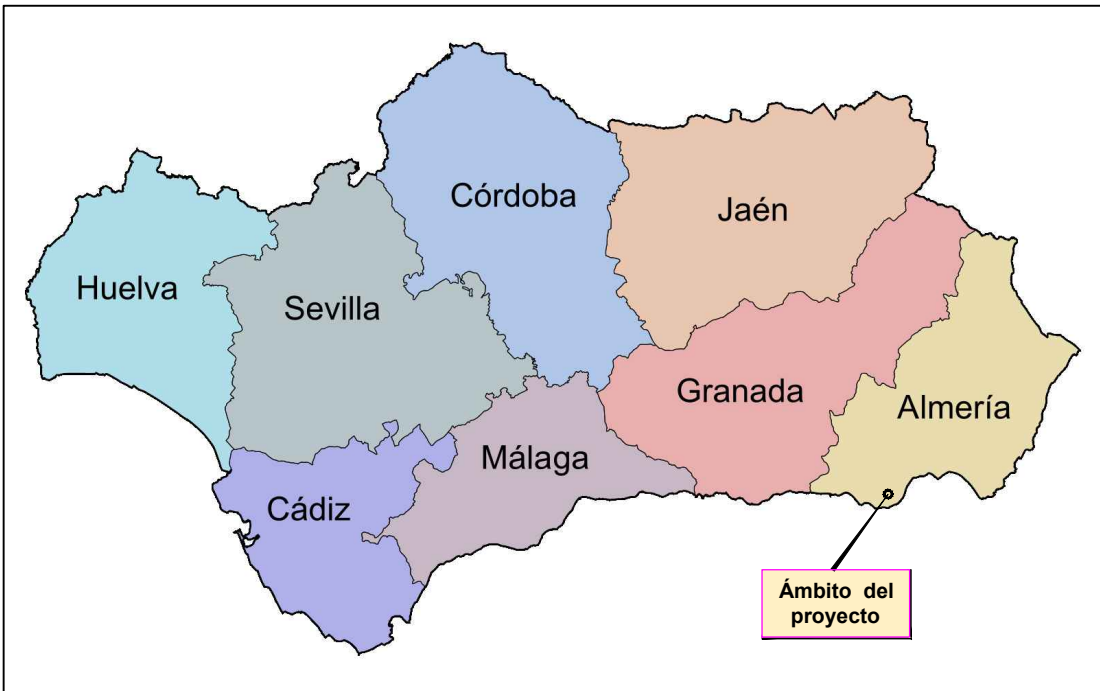
TUBERIA (Colebrook)				Tubería de aspiración. Tramo 2: PVC DN150 PN10			
Caudal hidráulico de cálculo :	0,004	m³/s	14,0	m³/h			
Longitud equivalente de tubería :			10,5	m			
Diámetro de la tubería (PVC DN160 - PN10) :			0,145	m			
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:			0,460	mm			
a) Pérdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandtl-Nikuradse) :							
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro			0,0032				
Coef. perdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=			0,027				
N = Lb / Diámetro =			0,184				
Velocidad máxima = Qmax /(PI. * Ø² / 4)=			0,237	m/s			
Jr=Long.N.V²/2g=			0,006	m.c.a.			
b) Pérdidas de carga singulares							
		K	J = K * v² / (2g)				
Puesta en carga	0	0,500	0,000	m.c.a.			
Descarga	0	1,000	0,000	m.c.a.			
Codo de 90º	5	0,290	0,004	m.c.a.			
Codo de 45º	0	0,170	0,000	m.c.a.			
Cono divergente	0	2,800	0,000	m.c.a.			
Cono convergente	1	2,000	0,006	m.c.a.			
Te de separación	1	1,075	0,003	m.c.a.			
Te de reunión	0	1,250	0,000	m.c.a.			
Válvula	2	0,120	0,001	m.c.a.			
Otros	0	0,000	0,000	m.c.a.			
J singular =			0,014	m.c.a.			
J total en la tubería por Colebrook =	0,019	m.c.a.	0,019	0,027			
Fango					56,573	57,000	-0,427
TUBERIA (Colebrook)				Tubería de aspiración. Tramo 3: 5 m de PVC DN 90			
Caudal hidráulico de cálculo :	0,004	m³/s	14,0	m³/h			
Longitud equivalente de tubería :			5,0	m			
Diámetro de la tubería :			0,081	m			
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:			0,460	mm			
a) Pérdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandtl-Nikuradse) :							
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro			0,0057				
Coef. perdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=			0,032				
N = Lb / Diámetro =			0,387				
Velocidad máxima = Qmax /(PI. * Ø² / 4)=			0,747	m/s			
Jr=Long.N.V²/2g=			0,055	m.c.a.			
b) Pérdidas de carga singulares							
		K	J = K * v² / (2g)				
Puesta en carga	0	0,500	0,000	m.c.a.			
Descarga	0	1,000	0,000	m.c.a.			
Codo de 90º	2	0,290	0,017	m.c.a.			
Codo de 45º	0	0,170	0,000	m.c.a.			
Cono divergente	0	2,800	0,000	m.c.a.			
Cono convergente	0	2,000	0,000	m.c.a.			
Te de separación	1	1,075	0,031	m.c.a.			
Te de reunión	0	1,250	0,000	m.c.a.			
Válvula	2	0,120	0,007	m.c.a.			
Otros	0	0,000	0,000	m.c.a.			
J singular =			0,054	m.c.a.			
J total en la tubería por Colebrook =	0,109	m.c.a.	0,109	0,136			
Fango					56,464	57,000	-0,536
Coeficiente K para fangos			3,00		56,191		
Carga de agua en la aspiración	h=	56,19	m				
Altitud del lugar:		57	m				
temperatura fluido		28	°C				
		301,000	°K				
Tension de vapor:		3,946	kPa				
		3.945,834	Pa				
		0,0395	bar				
		0,403	mCA				
Patmosférica normal=		101,300	kPa				
		10,337	mCA				
Patmosférica corregida=		10,272	mCA				
NPSH requerido según fabricante		9,900	m				
NPSH disponible		65,924	m				
NPSHd-NPSHr=		56,024	correcto				
				°C	T mmHg	Pa	kPa bar
				0	4,58	610,67	0,61 0,01
				5	6,54	872,00	0,87 0,01
				10	9,21	1,228,00	1,23 0,01
				15	12,79	1,705,33	1,71 0,02
				20	17,54	2,338,67	2,34 0,02
				25	23,77	3,169,33	3,17 0,03
				30	31,84	4,245,33	4,25 0,04
				40	55,36	7,381,33	7,38 0,07
				50	92,6	12,346,67	12,35 0,12
				60	149,51	19,934,67	19,93 0,20
				70	233,85	31,180,00	31,18 0,31
				80	355,34	47,378,67	47,38 0,47
				90	525,94	70,125,33	70,13 0,70
				95	642,97	85,729,33	85,73 0,86
				100	760	101,333,33	101,33 1,01

IMPULSIÓN										
TUBERIA (Colebrook)		Pantalon de impulsión						56,464		
Caudal hidráulico de cálculo :		0,004	m³/s	14,0	m³/h					
Longitud equivalente de tubería :				39,5	m					
Diámetro de la tubería :				0,100	m					
Coeficiente de rugosidad equivalente en la pared K:				0,460	mm					
a) Perdidas por rozamiento (Formula simplificada de Prandtl-Nikuradse) :										
Coef. rugosidad relativa, R = K / Diámetro				0,0046						
Coef. perdida carga Lb=1/[2log10(3,7/R)]²=				0,030						
N = Lb / Diámetro =				0,296						
Velocidad máxima = Qmax /(Pi. * Ø² / 4)=				0,495	m/s					
Jr=Long.N.V²/2g=				0,146	m.c.a.					
b) Perdidas de carga singulares										
			K	J = K * v² / (2g)						
Puesta en carga	0	0,500	0,000	m.c.a.						
Descarga	1	1,000	0,013	m.c.a.						
Codo de 90º	5	0,290	0,018	m.c.a.						
Codo de 45º	0	0,170	0,000	m.c.a.						
Cono divergente	0	0,357	0,000	m.c.a.						
Cono convergente	0	2,000	0,000	m.c.a.						
Te de separación	0	1,075	0,000	m.c.a.						
Te de reunión	1	1,250	0,016	m.c.a.						
Válvula	2	0,120	0,003	m.c.a.						
Otros	0	1,700	0,000	m.c.a.						
	J singular =		0,049	m.c.a.						
J total en la tubería por Colebrook =		0,196	m.c.a.	0,196	0,332	56,659				
Cota agua en espesador						56,600				
Cota agua en digestor						68,500				
Total diferencia geometrica						11,900				
TOTAL ALTURA NECESARIA PARA ELEVACION						12,896				
Coeficiente K para fangos		3,00				14,889				
Altura adoptada en bombas, a q max						15,000				
Margen en el bombeo						0,111				

DOCUMENTO Nº 2.- PLANOS.



LOCALIZACIÓN EN ESPAÑA



LOCALIZACIÓN EN ANDALUCÍA

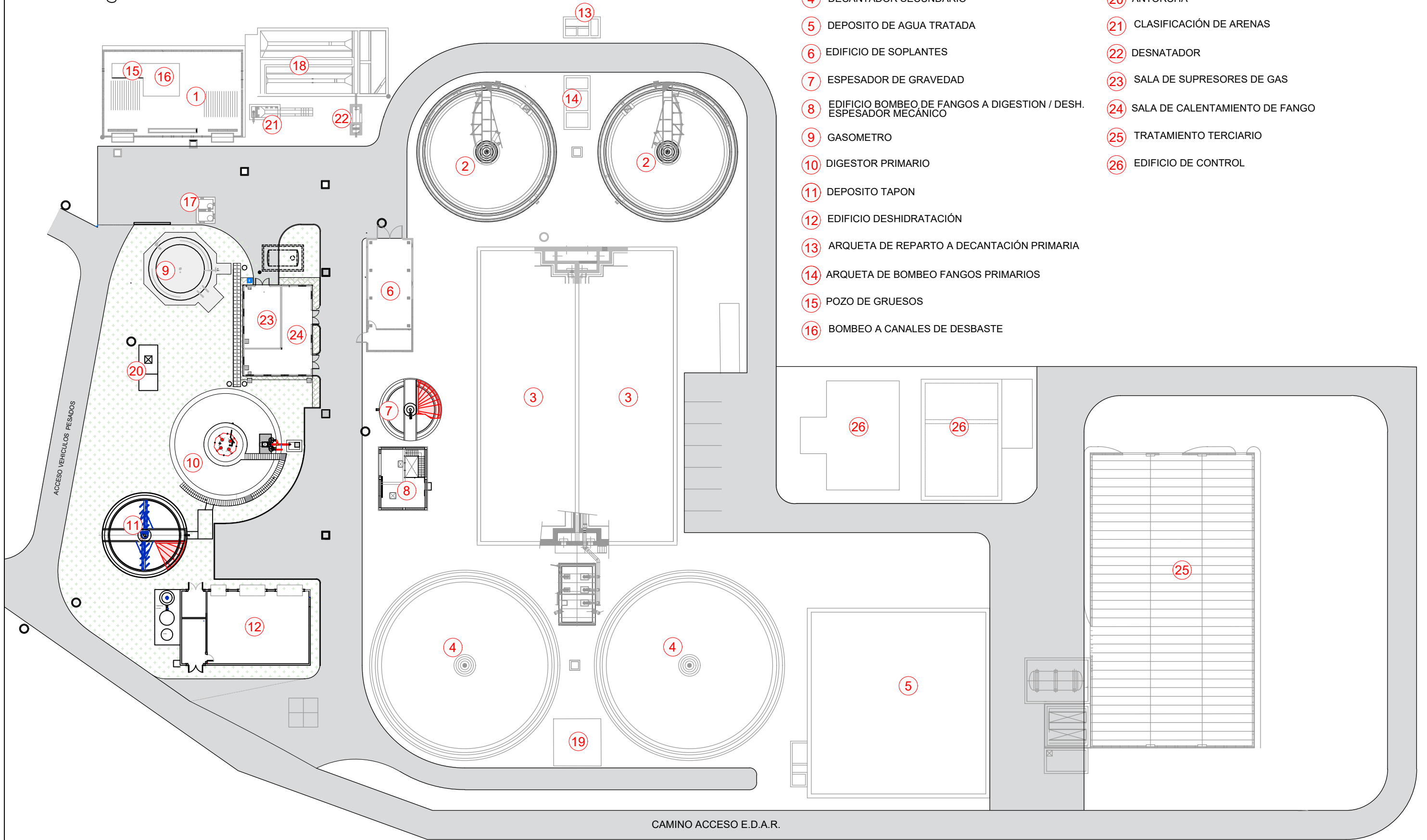
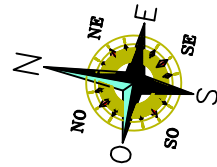


ESCALA 1:25000

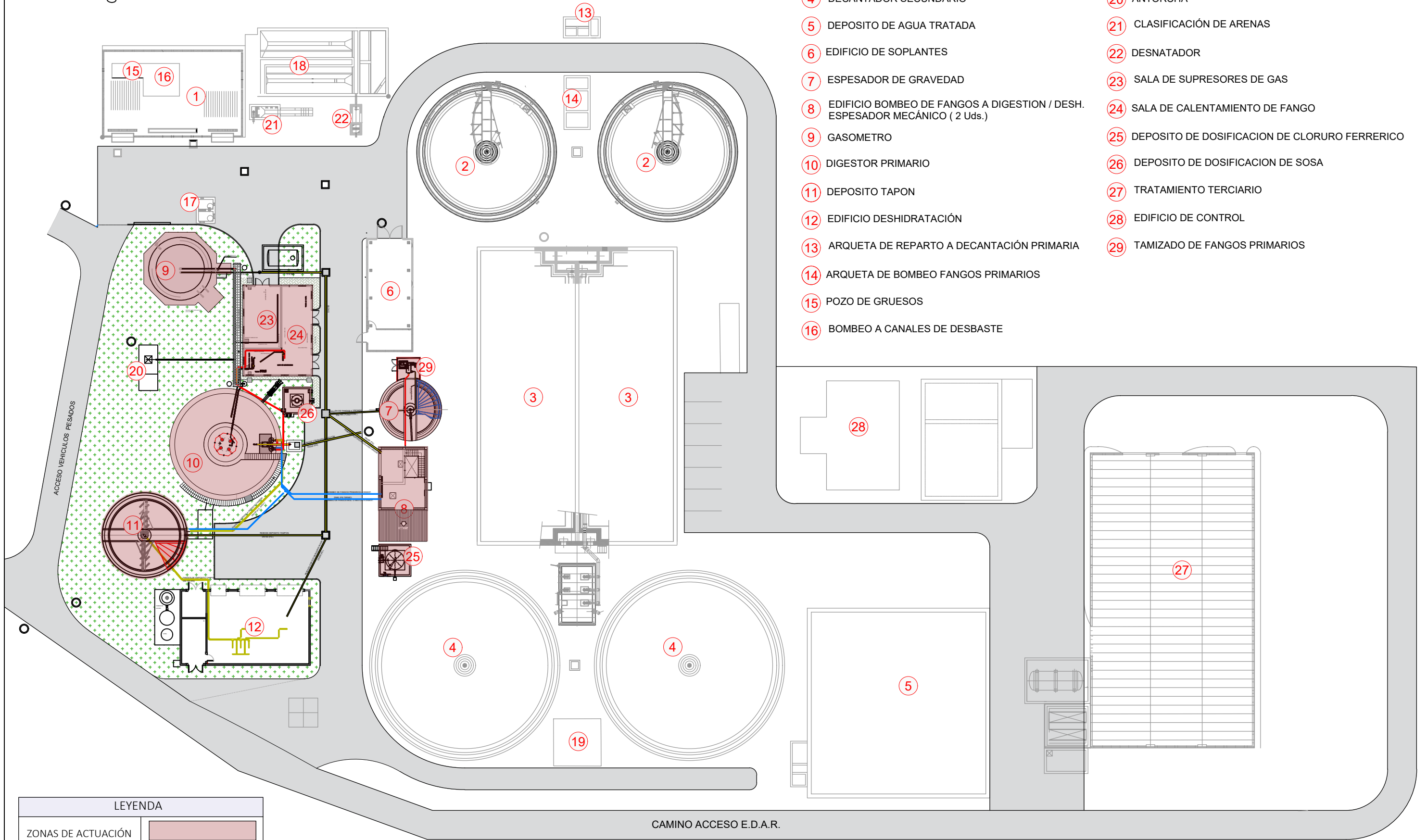
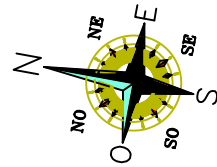


ESCALA 1:5000

EDAR EL EJIDO					
Nº	NOMBRE	HOJAS	Nº	NOMBRE	HOJAS
1	SITUACIÓN ÍNDICE DE PLANOS	1	8	GASOMETRO	4
2	IMPLANTACIÓN ACTUAL	1	9	ESPEADOR DE GRAVEDAD	8
3	IMPLANTACION MODIFICADA	1	10	EDIFICIO DE FANGOS MIXTOS	5
4	DIAGRAMA DE PROCESOS	2	11	ELEMENTOS AUXILIARES	1
5	REDES ACTUAL/ MODIFICADA	5	11.1	DEPOSITO DE SOSA	2
6	DIGESTOR	8	11.2	DEPOSITO DE CLORURO FERRICO	1
7	EDIFICIO DE CALENTAMIENTO DE FANGO Y GAS	5			



- 1 PRETRATAMIENTO
- 2 DECANTADOR PRIMARIO
- 3 REACTOR BIOLÓGICO
- 4 DECANTADOR SECUNDARIO
- 5 DEPOSITO DE AGUA TRATADA
- 6 EDIFICIO DE SOPLANTES
- 7 ESPESADOR DE GRAVEDAD
- 8 EDIFICIO BOMBEO DE FANGOS A DIGESTION / DESH. ESPESADOR MECÁNICO
- 9 GASOMETRO
- 10 DIGESTOR PRIMARIO
- 11 DEPOSITO TAPON
- 12 EDIFICIO DESHIDRATACIÓN
- 13 ARQUETA DE REPARTO A DECANTACIÓN PRIMARIA
- 14 ARQUETA DE BOMBEO FANGOS PRIMARIOS
- 15 POZO DE GRUESOS
- 16 BOMBEO A CANALES DE DESBASTE
- 17 ARQUETA DE VACIADO Y BY-PASS
- 18 DESARENADO Y DESENGRASADO
- 19 ARQUETA DE SALIDA AGUA TRATADA
- 20 ANTORCHA
- 21 CLASIFICACIÓN DE ARENAS
- 22 DESNATADOR
- 23 SALA DE SUPRESORES DE GAS
- 24 SALA DE CALENTAMIENTO DE FANGO
- 25 TRATAMIENTO TERCIARIO
- 26 EDIFICIO DE CONTROL



- 1 PRETRATAMIENTO
- 2 DECANTADOR PRIMARIO
- 3 REACTOR BIOLÓGICO
- 4 DECANTADOR SECUNDARIO
- 5 DEPOSITO DE AGUA TRATADA
- 6 EDIFICIO DE SOPLANTES
- 7 ESPESADOR DE GRAVEDAD
- 8 EDIFICIO BOMBEO DE FANGOS A DIGESTION / DESH. ESPESADOR MECÁNICO (2 Uds.)
- 9 GASOMETRO
- 10 DIGESTOR PRIMARIO
- 11 DEPOSITO TAPON
- 12 EDIFICIO DESHIDRATACIÓN
- 13 ARQUETA DE REPARTO A DECANTACIÓN PRIMARIA
- 14 ARQUETA DE BOMBEO FANGOS PRIMARIOS
- 15 POZO DE GRUESOS
- 16 BOMBEO A CANALES DE DESBASTE
- 17 ARQUETA DE VACIADO Y BY-PASS
- 18 DESARENADO Y DESENGRASADO
- 19 ARQUETA DE SALIDA AGUA TRATADA
- 20 ANTORCHA
- 21 CLASIFICACIÓN DE ARENAS
- 22 DESNATADOR
- 23 SALA DE SUPRESORES DE GAS
- 24 SALA DE CALENTAMIENTO DE FANGO
- 25 DEPOSITO DE DOSIFICACION DE CLORURO FERRERICO
- 26 DEPOSITO DE DOSIFICACION DE SOSA
- 27 TRATAMIENTO TERCIARIO
- 28 EDIFICIO DE CONTROL
- 29 TAMIZADO DE FANGOS PRIMARIOS

LEYENDA	
ZONAS DE ACTUACIÓN	



INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO
Fdo. Jorge Pérez Pérez
ICCP

TÍTULO DEL PROYECTO:

ANTEPROYECTO PARA LA REHABILITACIÓN DE LA
LÍNEA DE FANGOS DE LA E.D.A.R. EL EJIDO (ALMERÍA)

CLAVE

FECHA

FEBRERO-2023

ESCALA

1:500
0 50 100 m
ORIGINAL A3

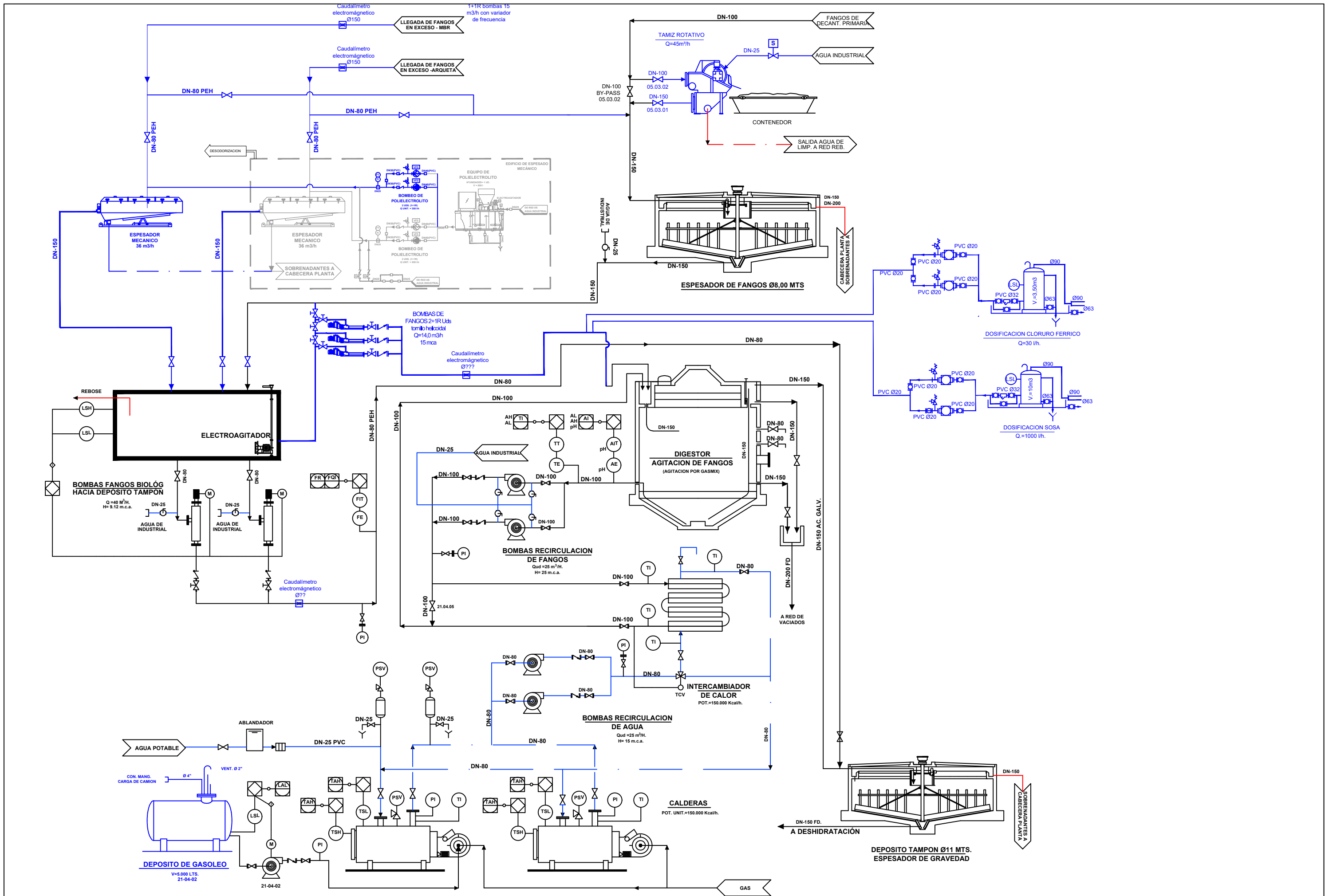
DESIGNACIÓN

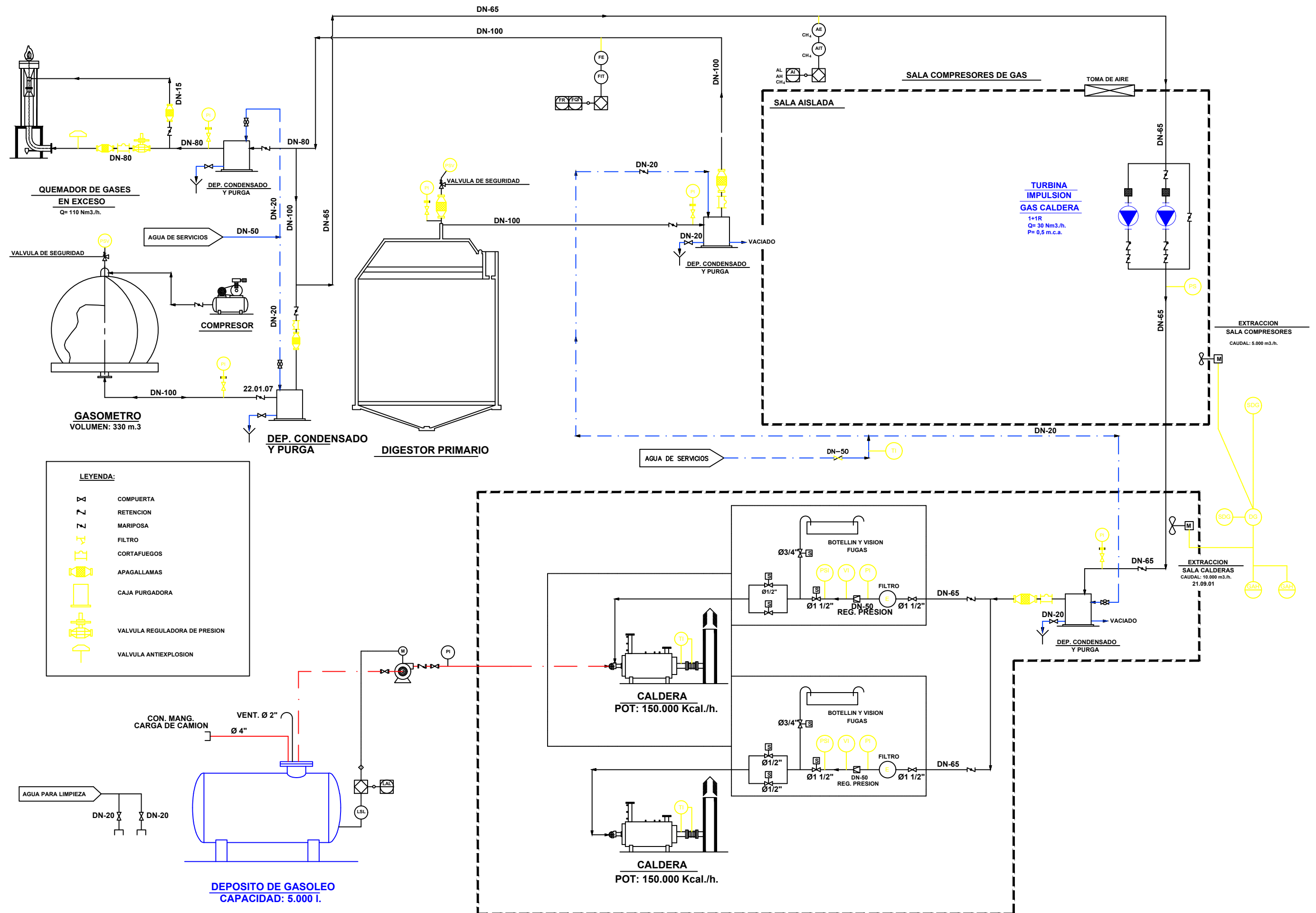
E.D.A.R.
IMPLANTACION MODIFICADA

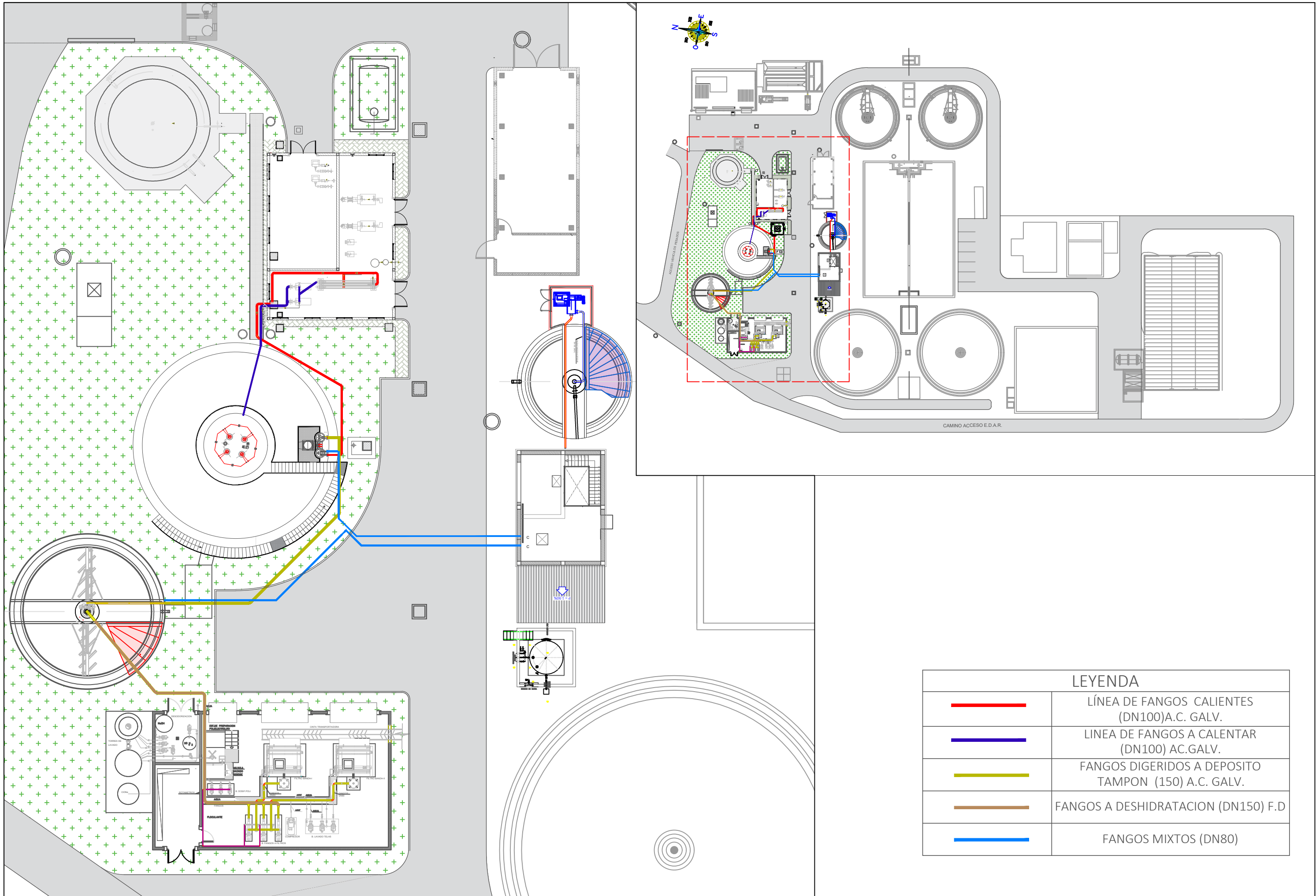
PLANO Nº:

3

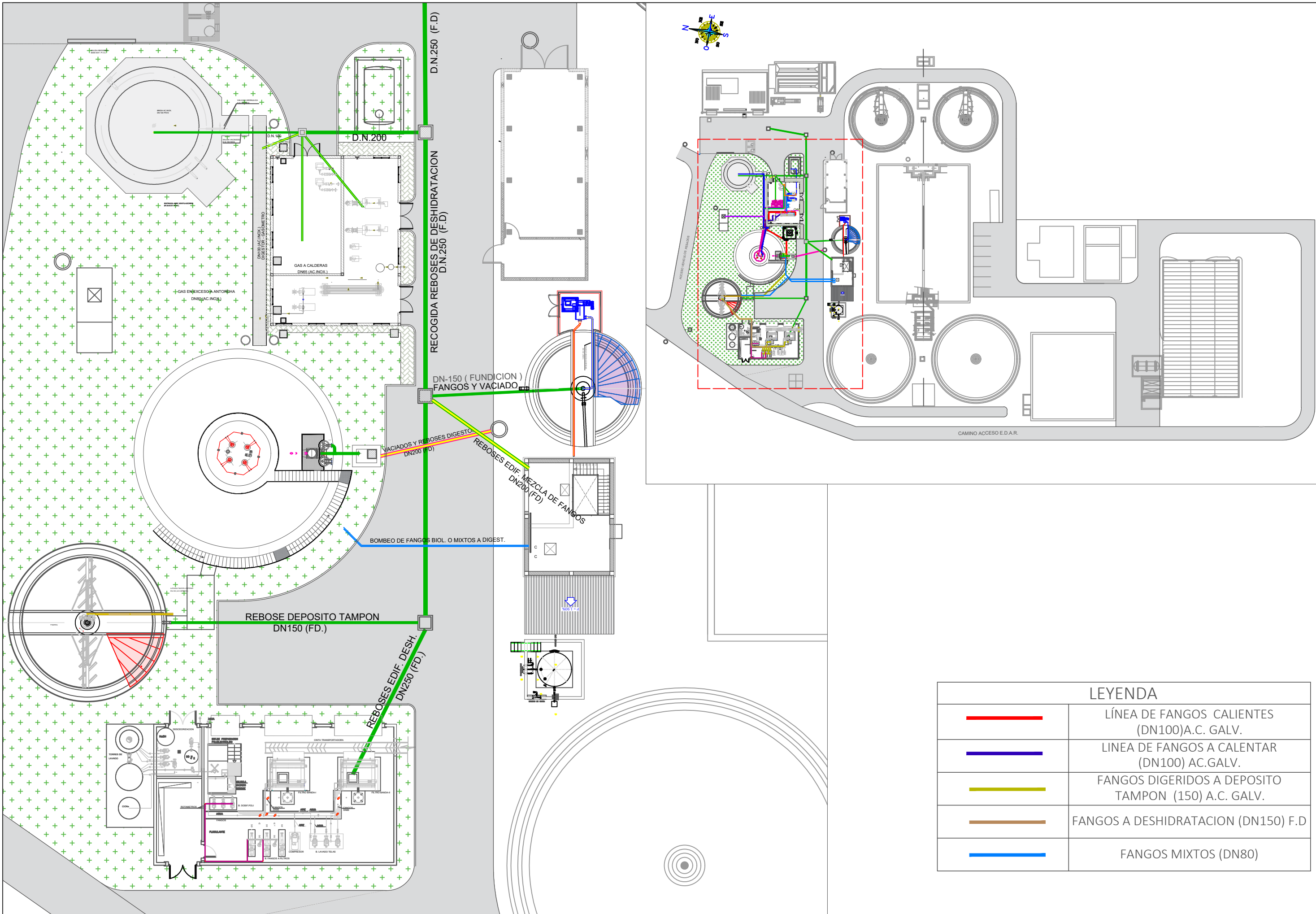
HOJA 1 DE 1



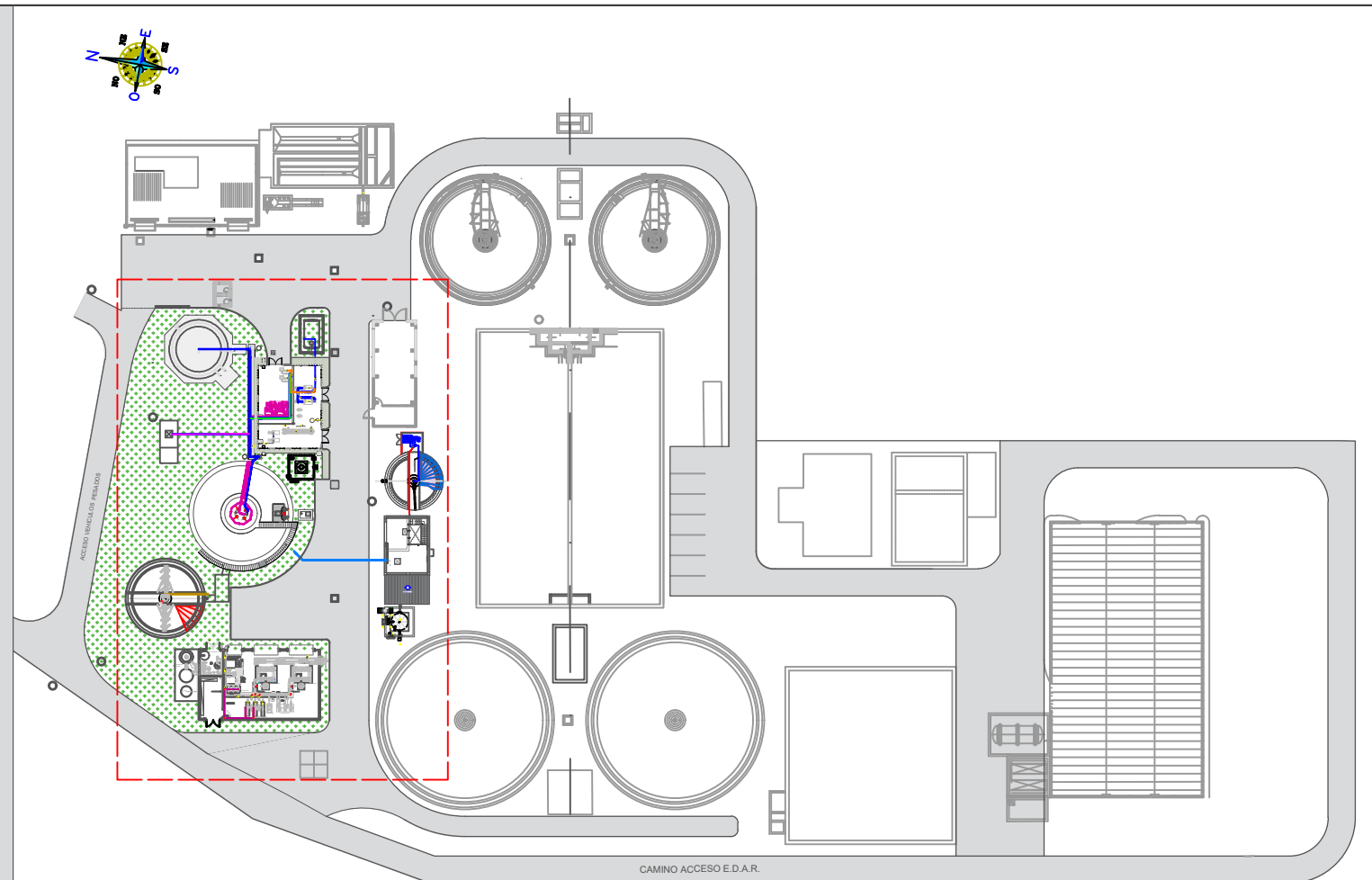
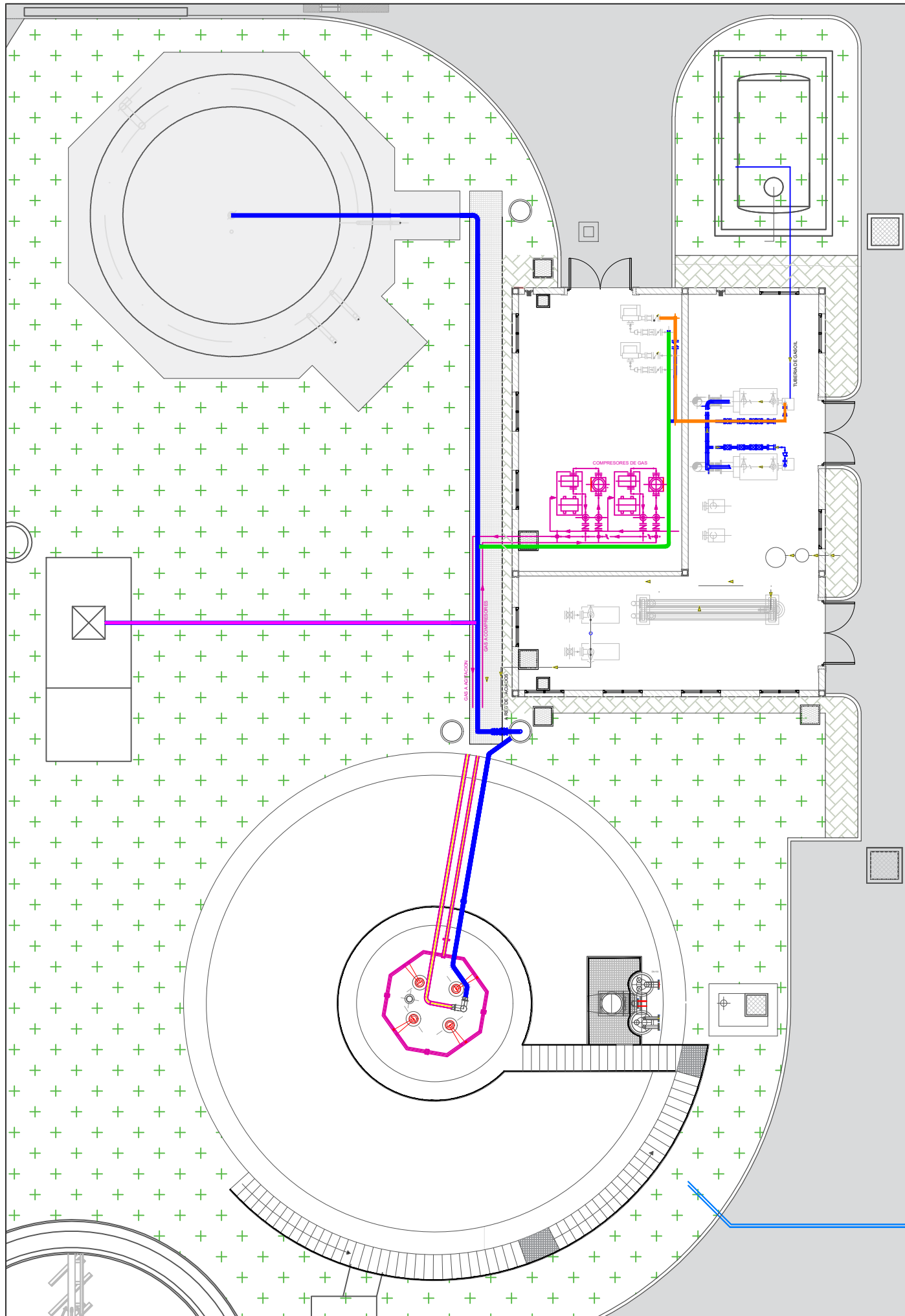




LEYENDA	
	LÍNEA DE FANGOS CALIENTES (DN100)A.C. GALV.
	LINEA DE FANGOS A CALENTAR (DN100) AC.GALV.
	FANGOS DIGERIDOS A DEPOSITO TAMPON (150) A.C. GALV.
	FANGOS A DESHIDRATACION (DN150) F.D
	FANGOS MIXTOS (DN80)

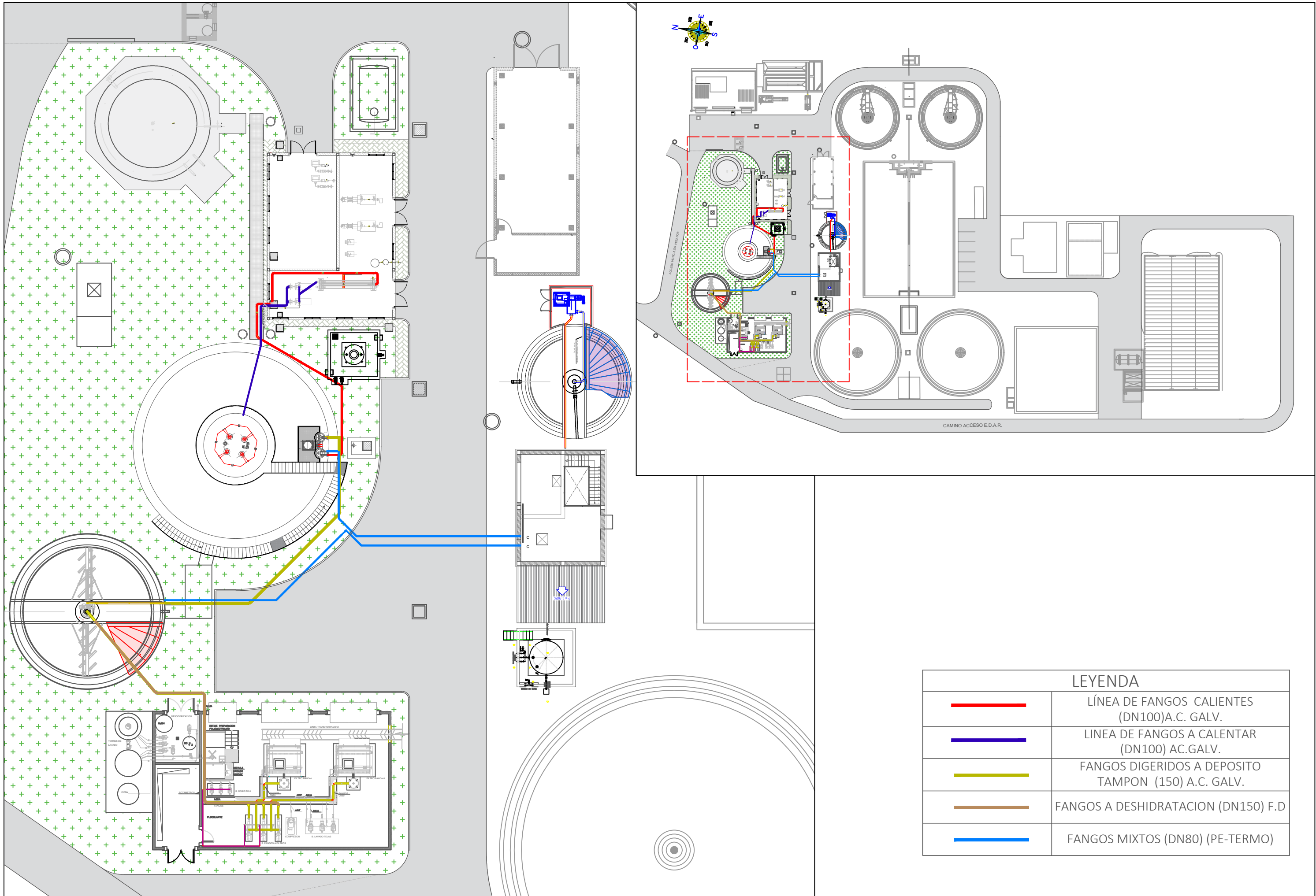


LEYENDA	
	LÍNEA DE FANGOS CALIENTES (DN100)A.C. GALV.
	LINEA DE FANGOS A CALENTAR (DN100) AC.GALV.
	FANGOS DIGERIDOS A DEPOSITO TAMPON (150) A.C. GALV.
	FANGOS A DESHIDRATACION (DN150) F.D
	FANGOS MIXTOS (DN80)

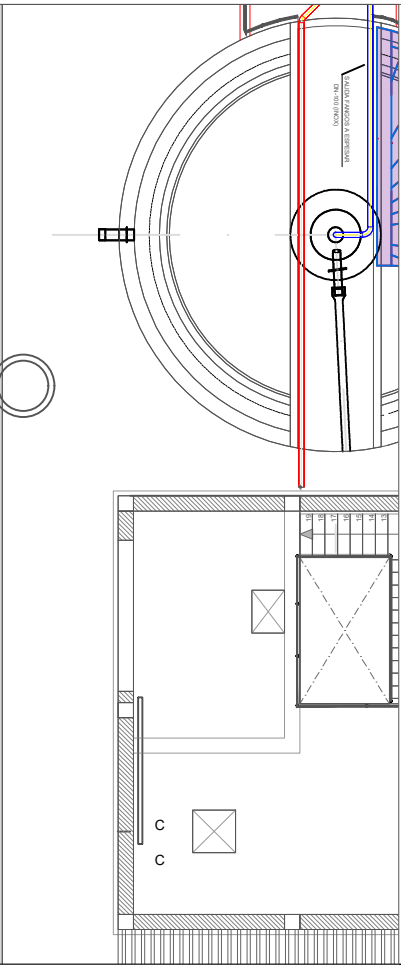
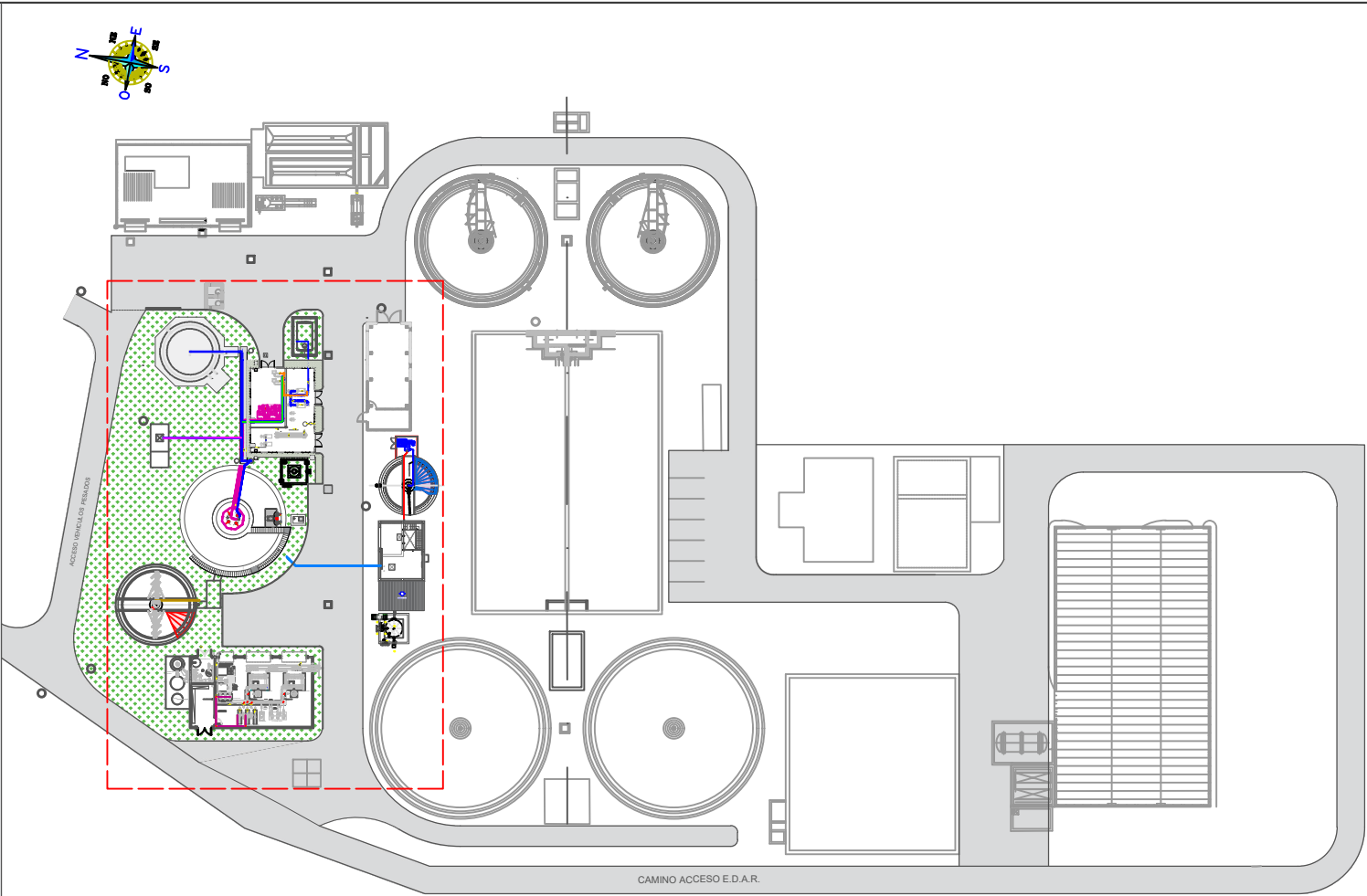
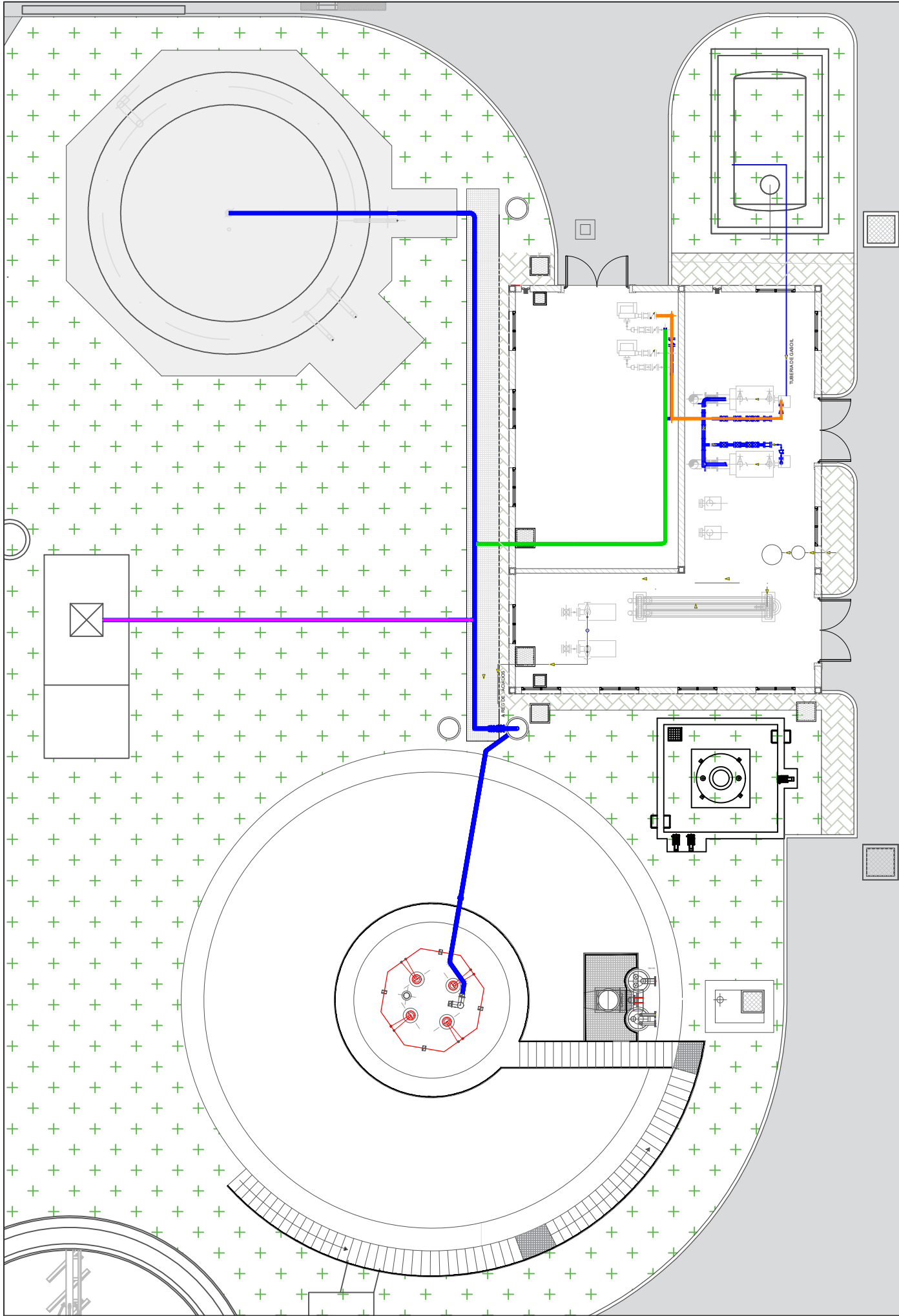


LEYENDA

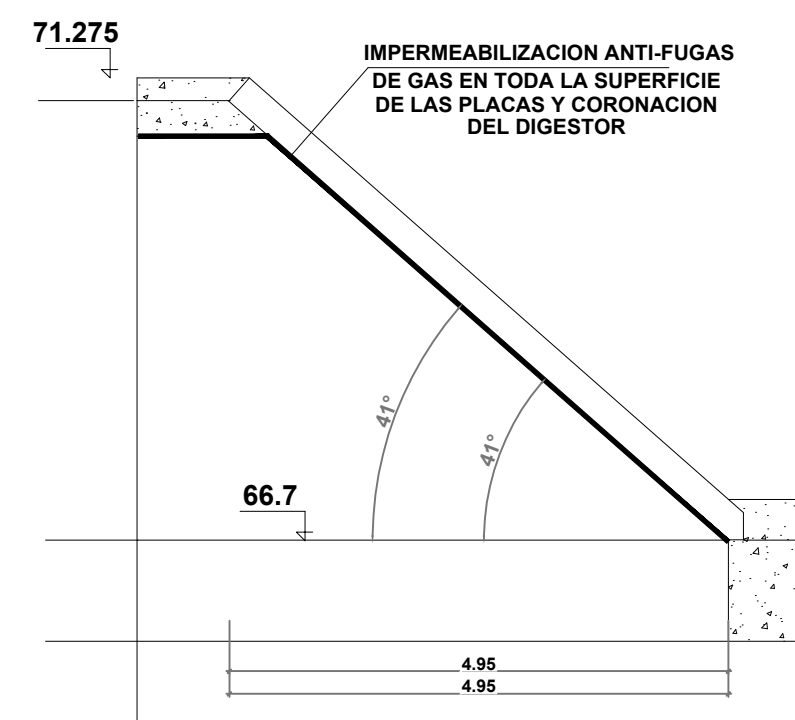
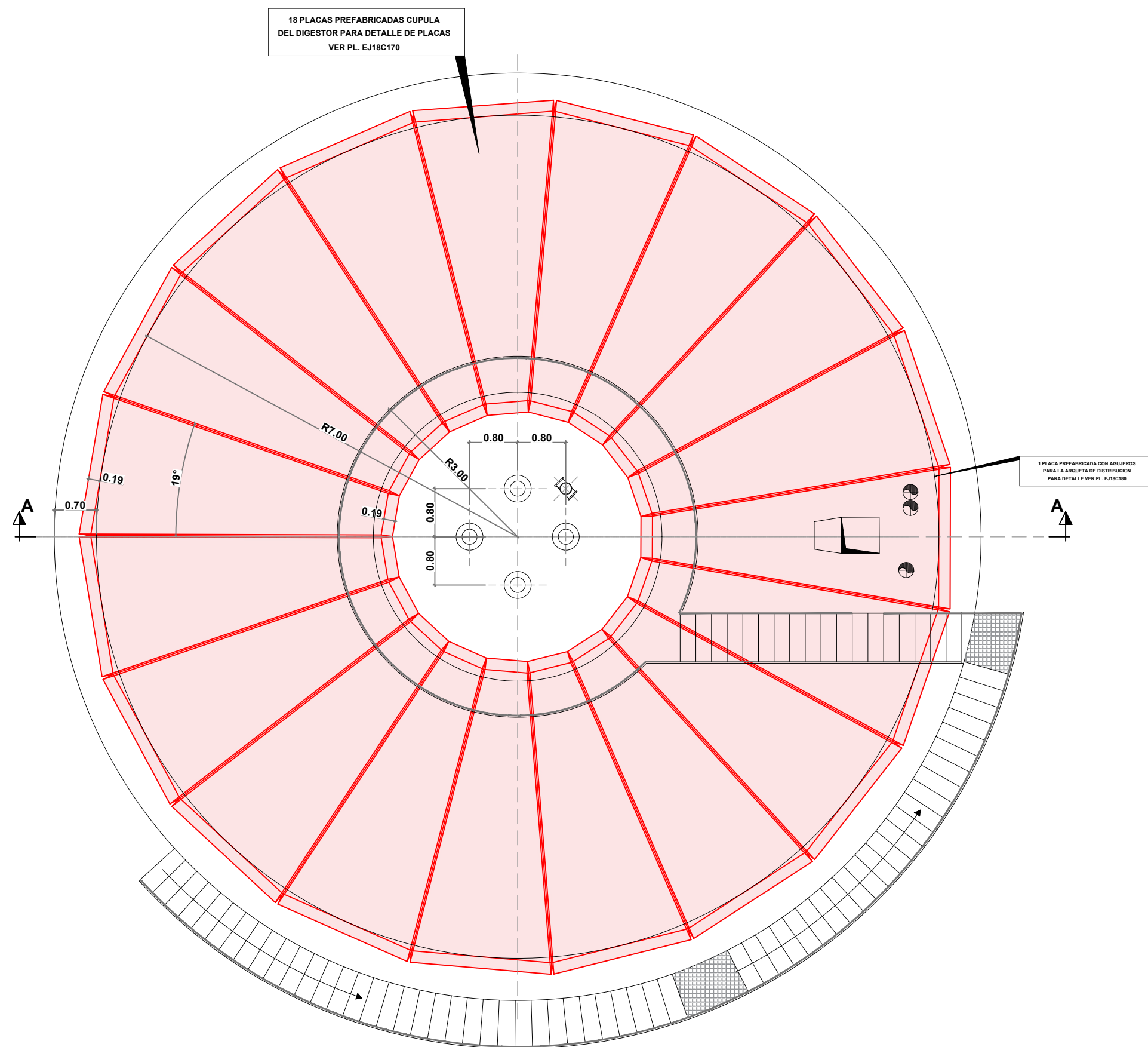
	LÍNEA DE GAS A GASOMETRO (DN100) A.C. GALV.
	LÍNEA DE GAS A ANTORCHA (DN80) A.C. GALV.
	LÍNEA DE GAS A SUPRESORES (DN100) A.C. GALV.
	LÍNEA DE GAS A COMPRESORES (DN100) A.C. GALV.
	LÍNEA DE GAS A CALDERAS (DN65) A.C. GALV.

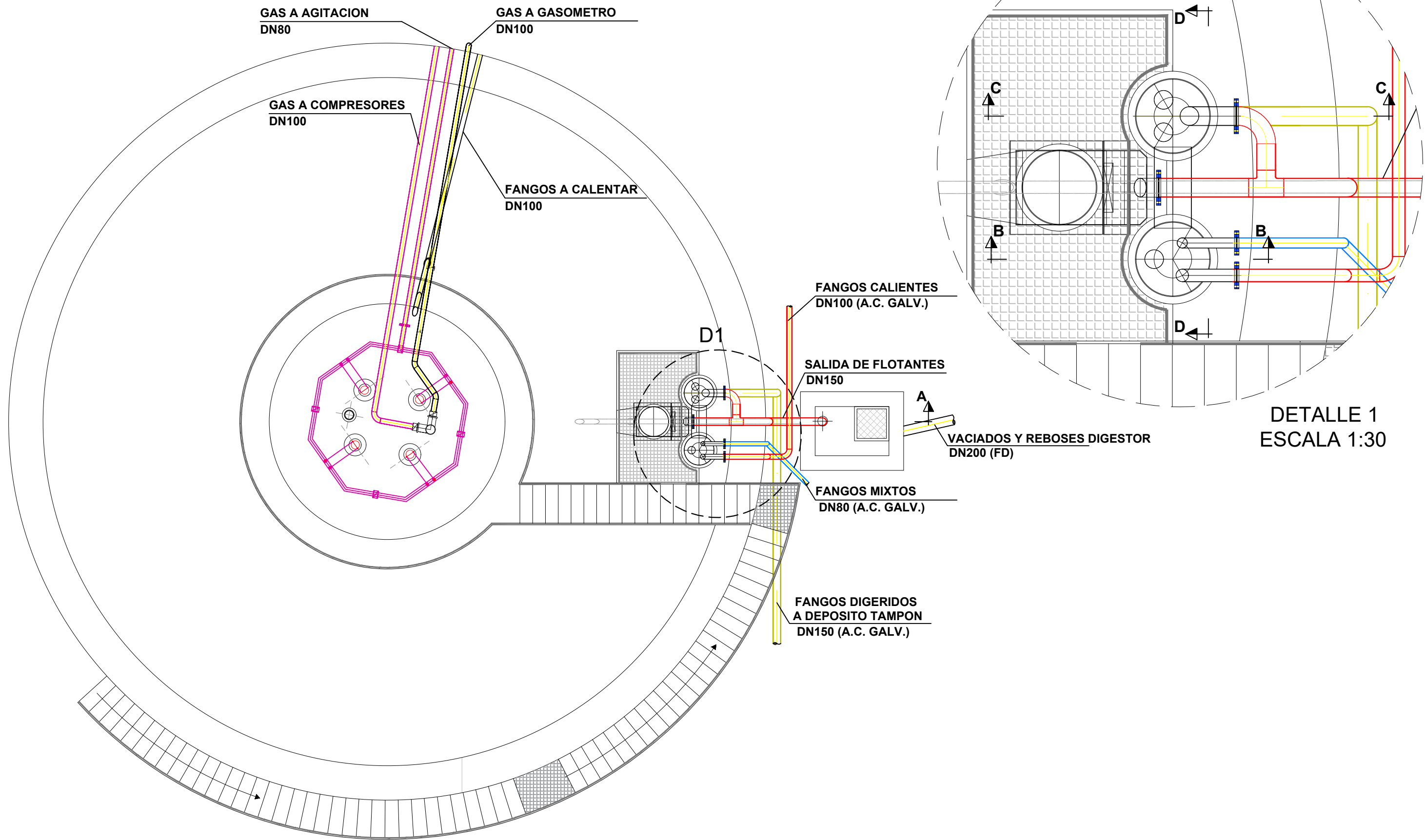


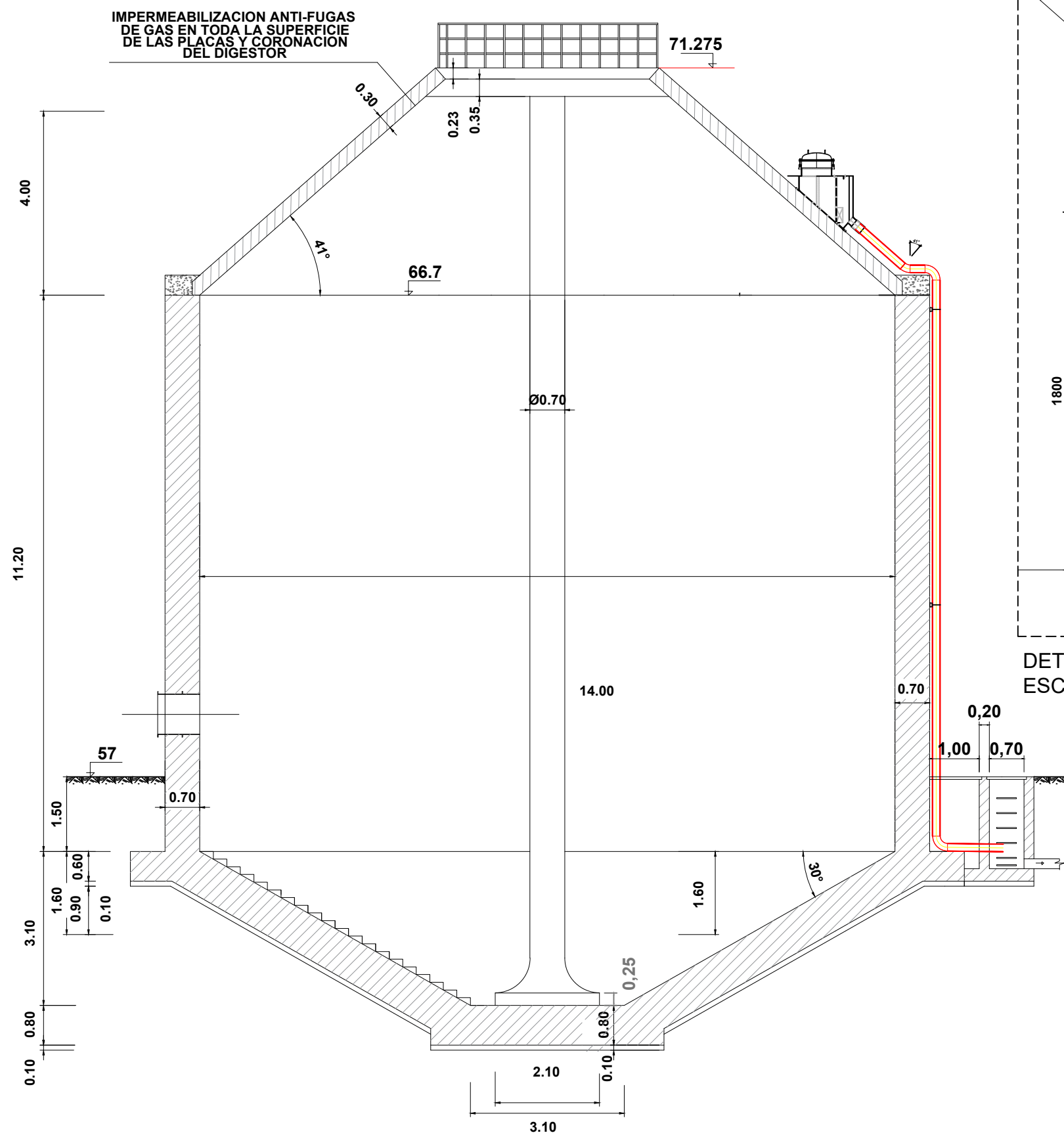
LEYENDA	
	LÍNEA DE FANGOS CALIENTES (DN100)A.C. GALV.
	LINEA DE FANGOS A CALENTAR (DN100) AC.GALV.
	FANGOS DIGERIDOS A DEPOSITO TAMPON (150) A.C. GALV.
	FANGOS A DESHIDRATACION (DN150) F.D
	FANGOS MIXTOS (DN80) (PE-TERMO)



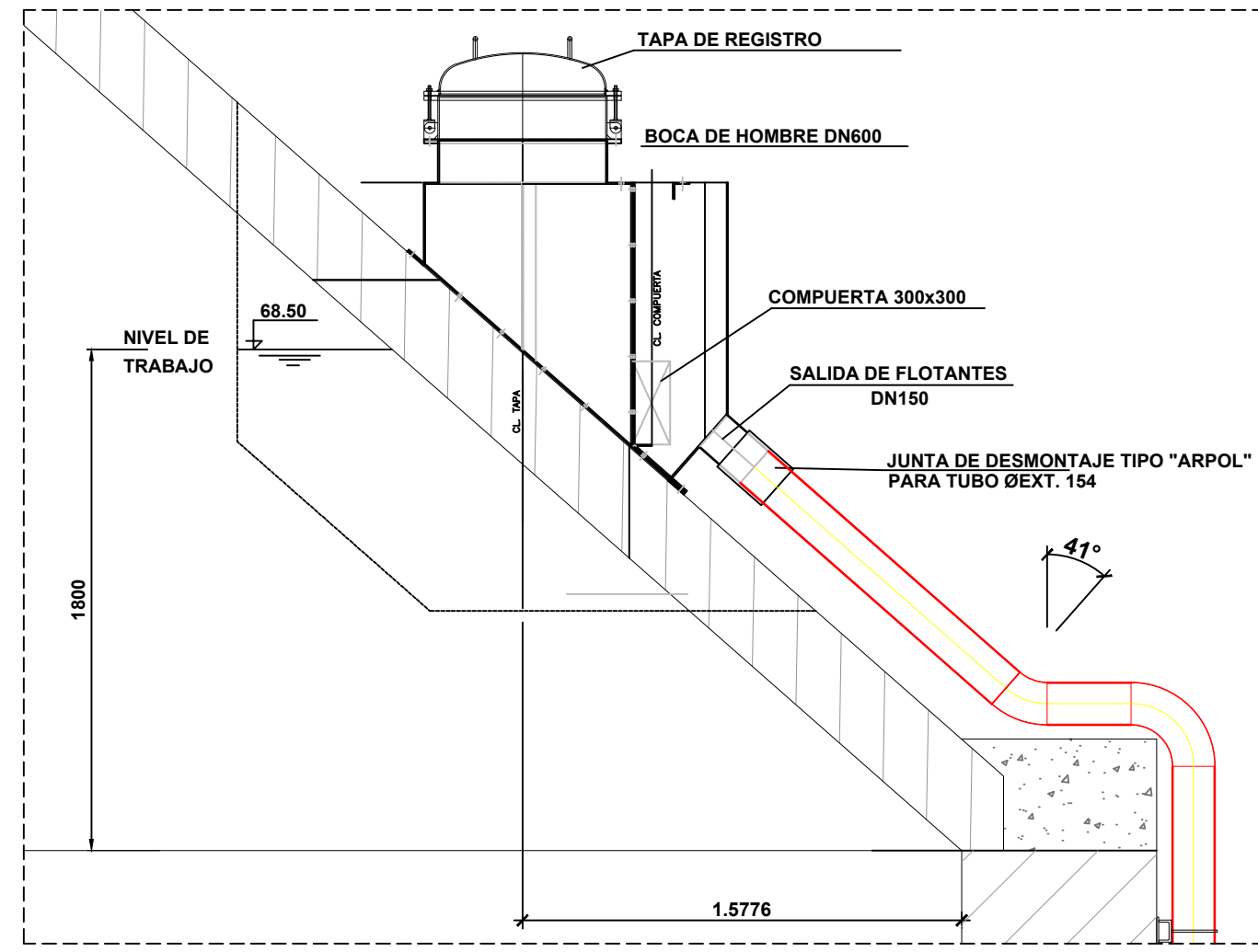
LEYENDA	
	LÍNEA DE GAS A GASOMETRO (DN100) A.C. GALV.
	LÍNEA DE GAS A ANTORCHA (DN80) A.C. GALV.
	LÍNEA DE GAS A SUPRESORES (DN100) A.C. GALV.
	LÍNEA DE GAS A CALDERAS (DN65) A.C. GALV.



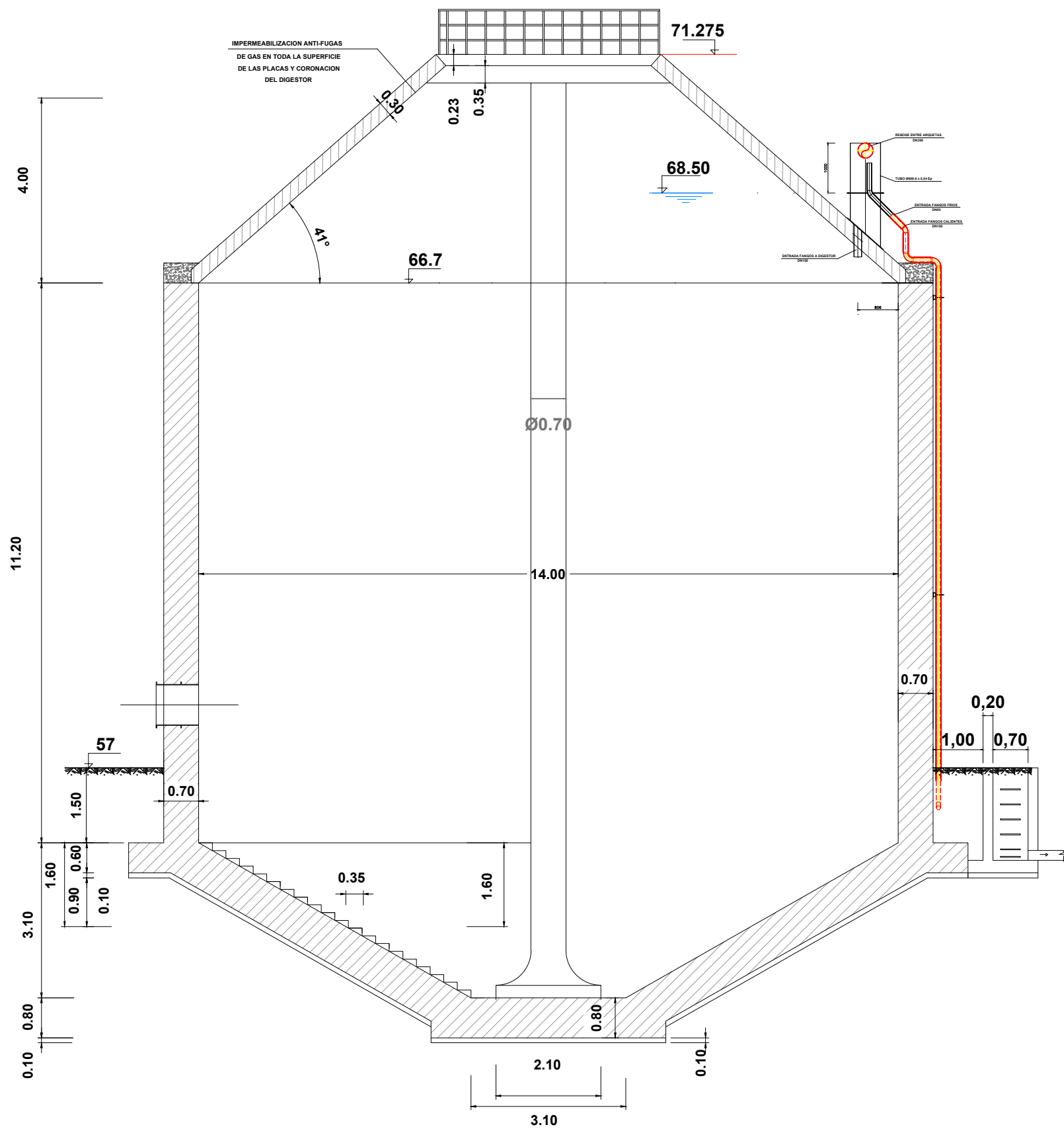




SECCION A-A

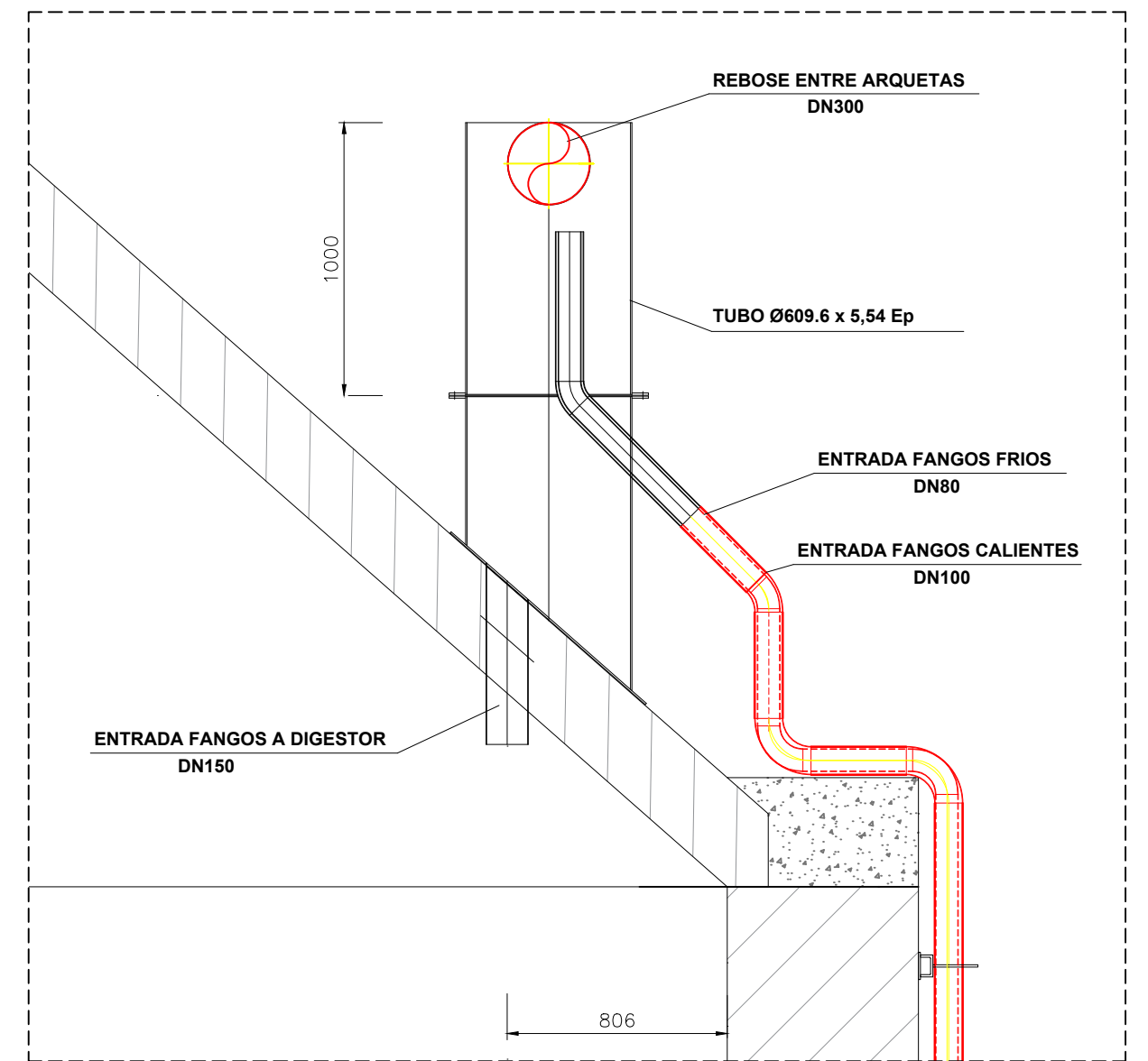


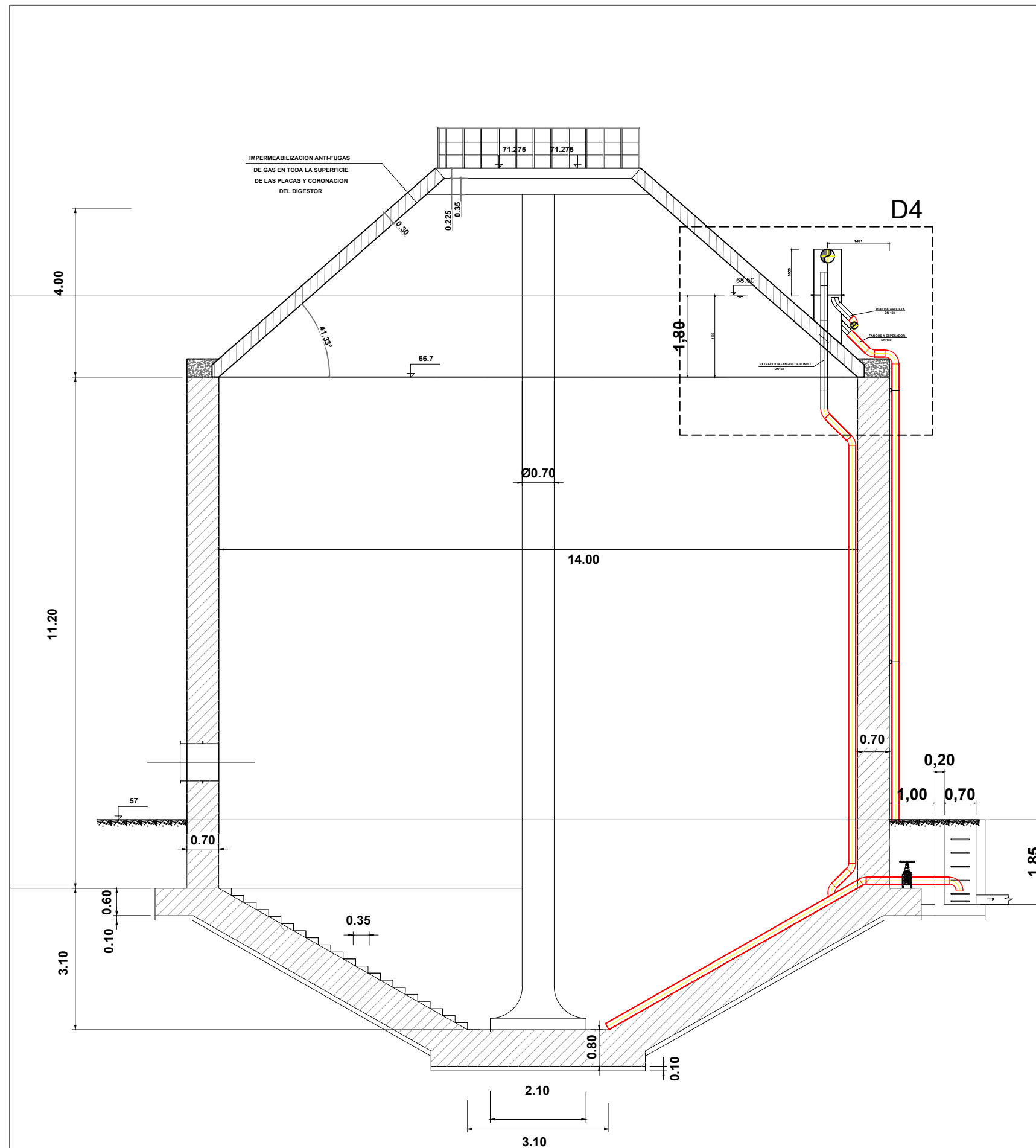
DETALLE
ESCALA 1:25



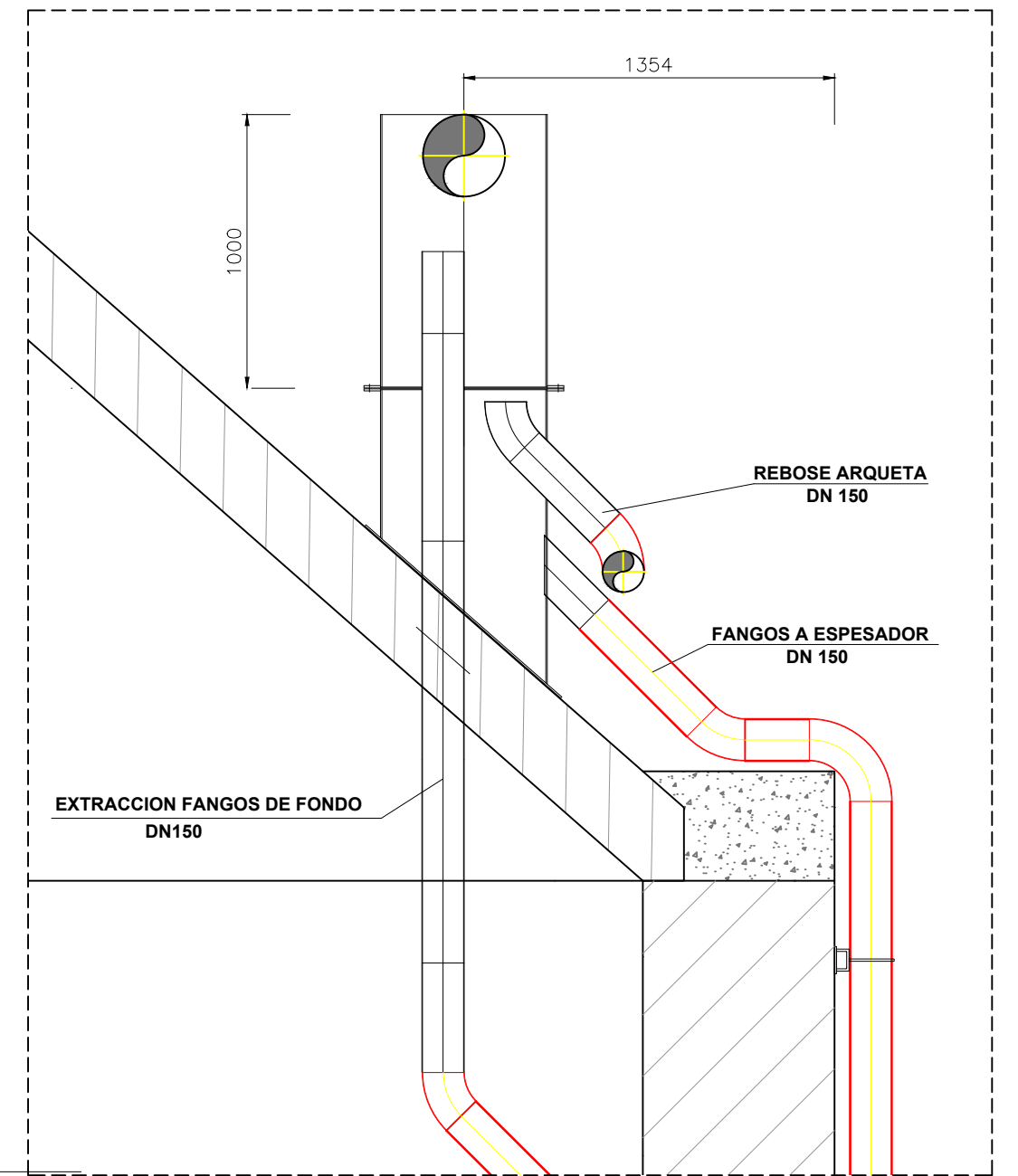
SECCION B-B

DETALLE
ESCALA 1:25

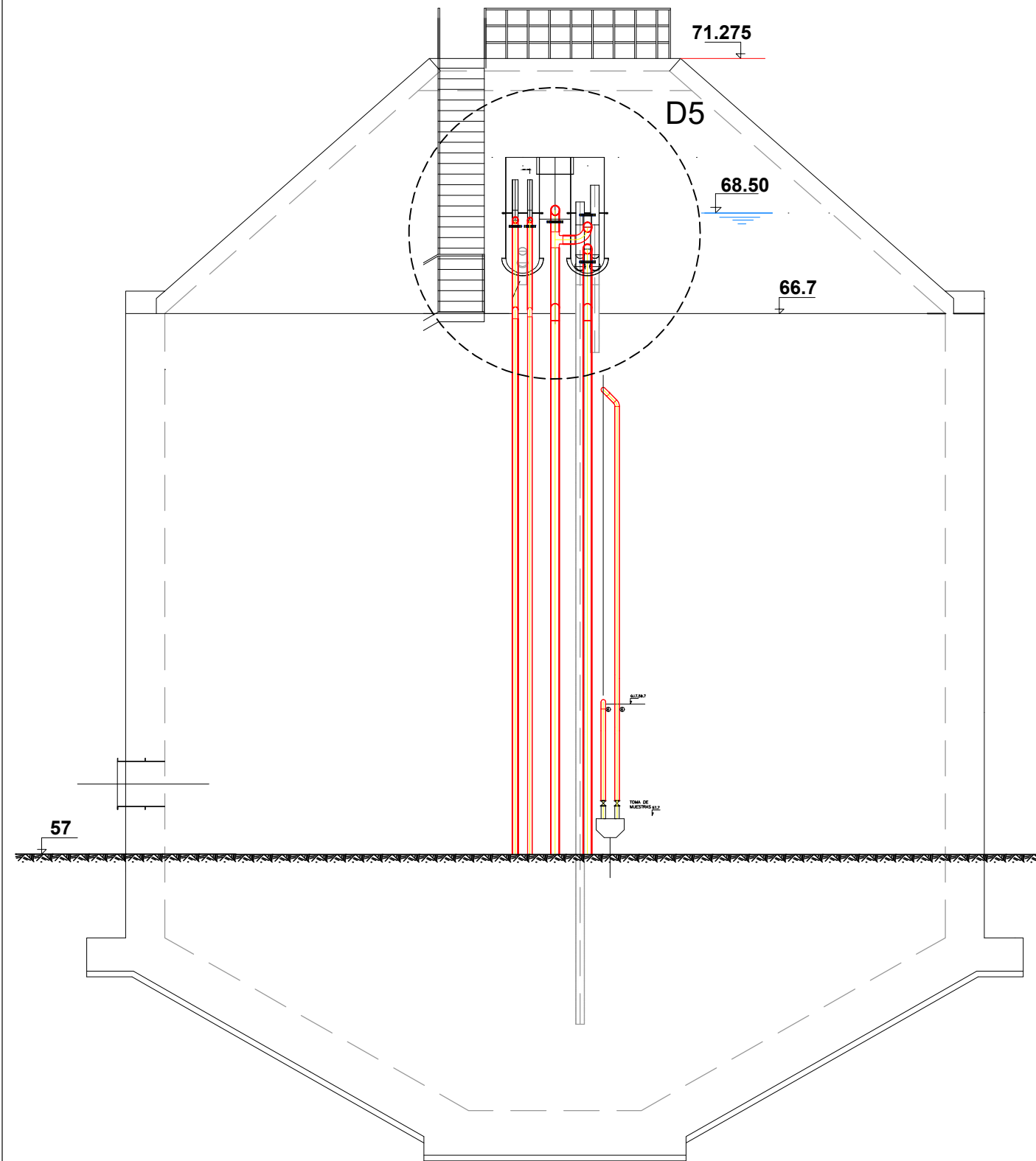




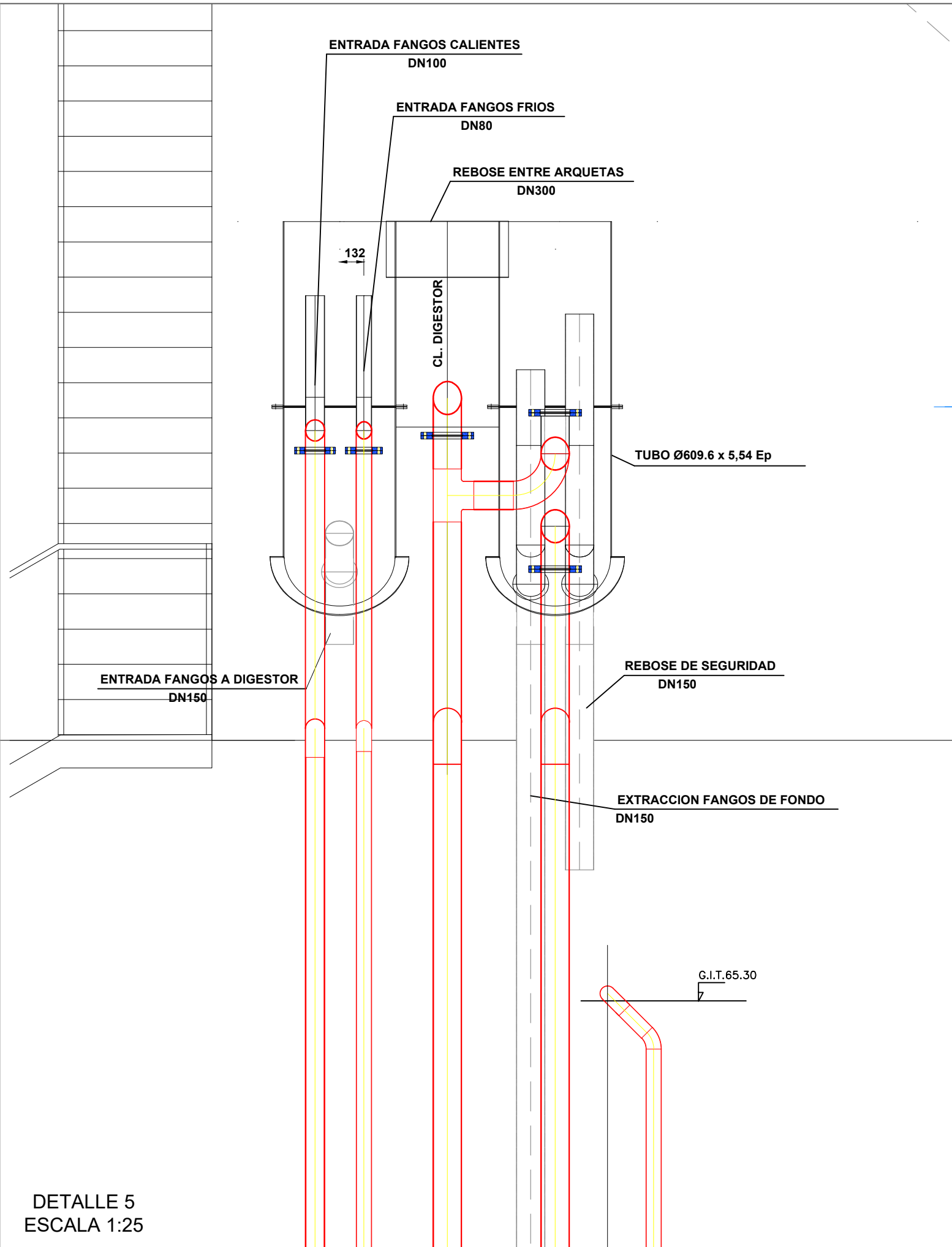
SECCION C-C

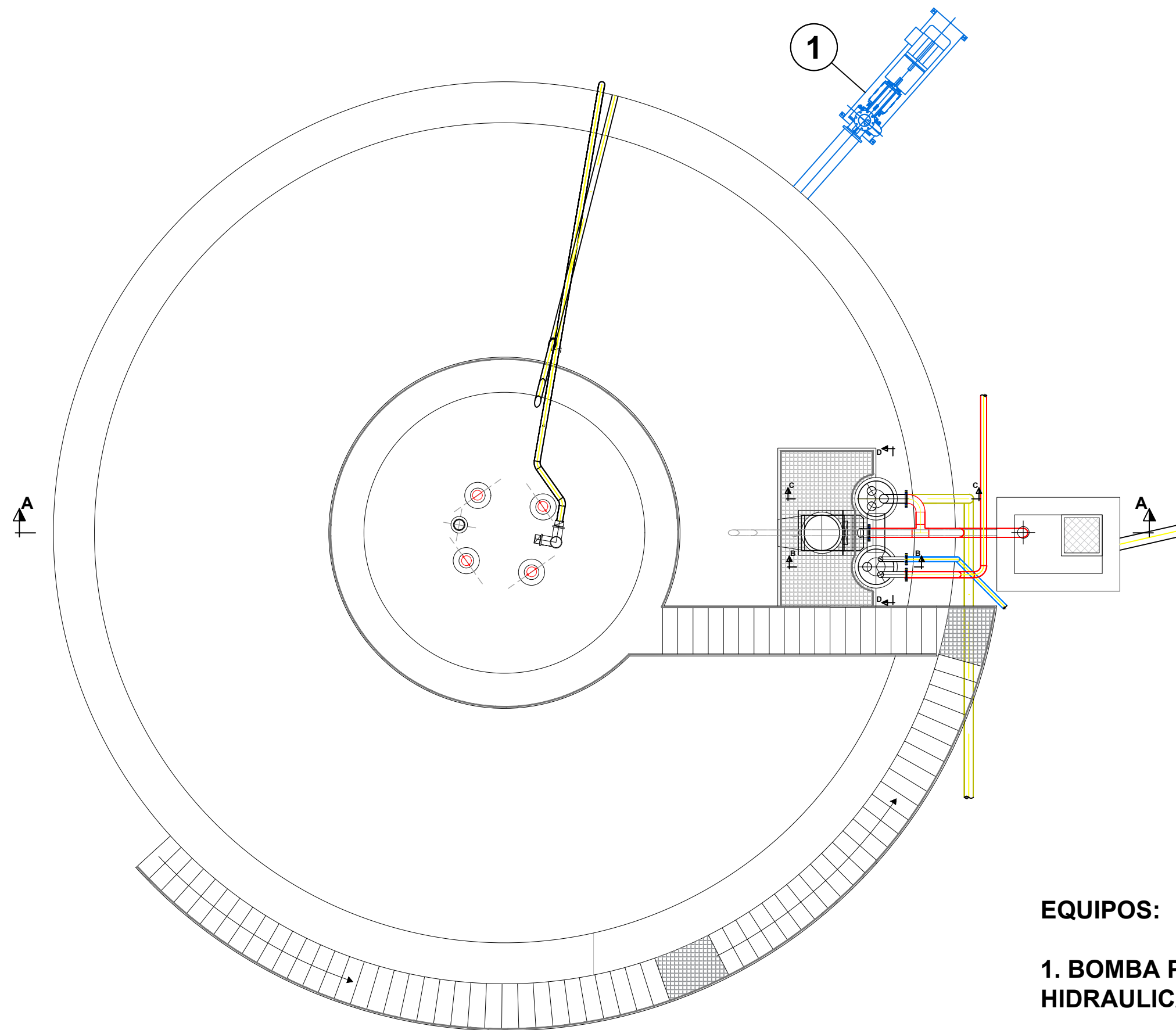


DETALLE 4
ESCALA 1:25



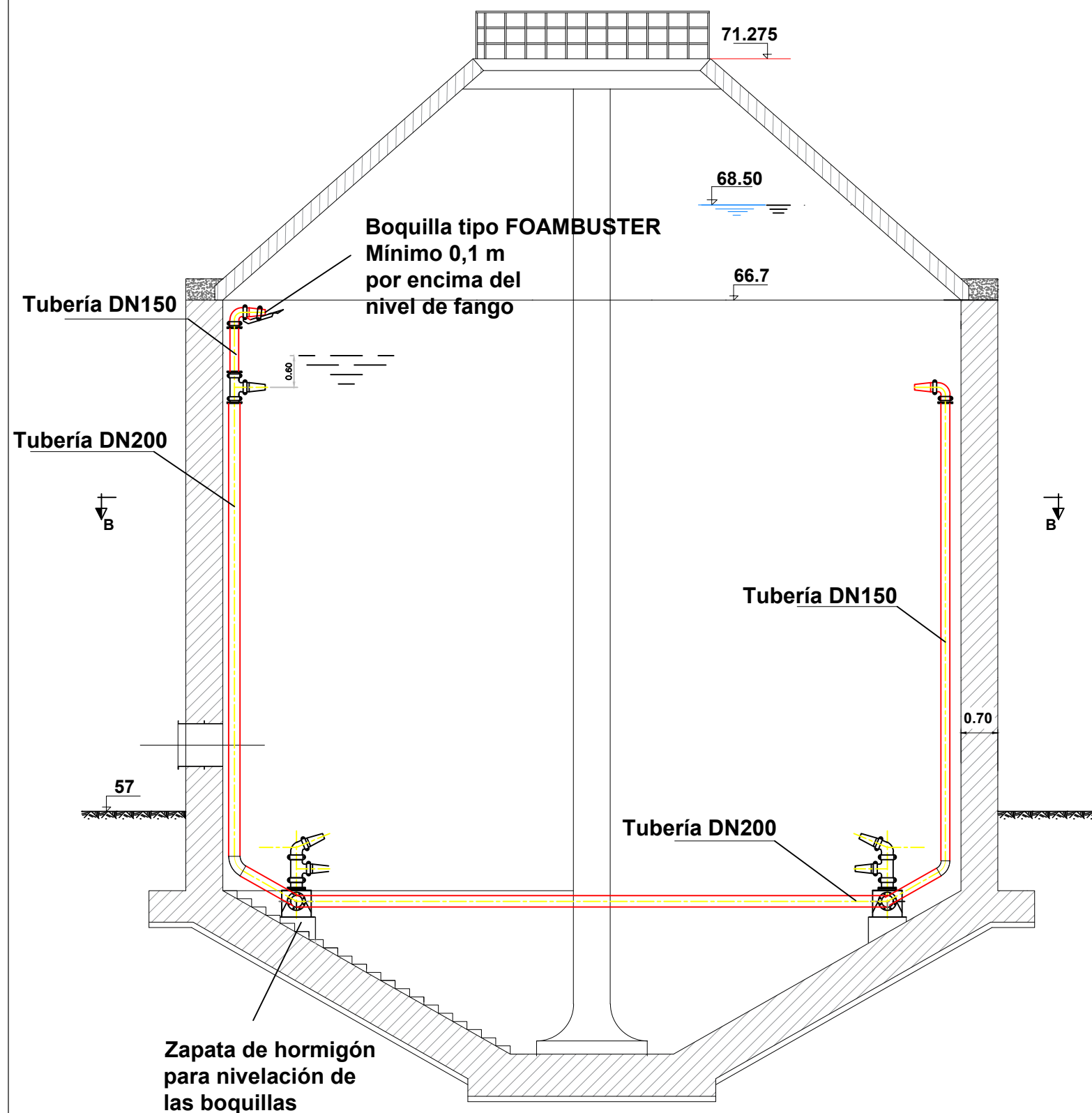
DETALLE 5
ESCALA 1:25



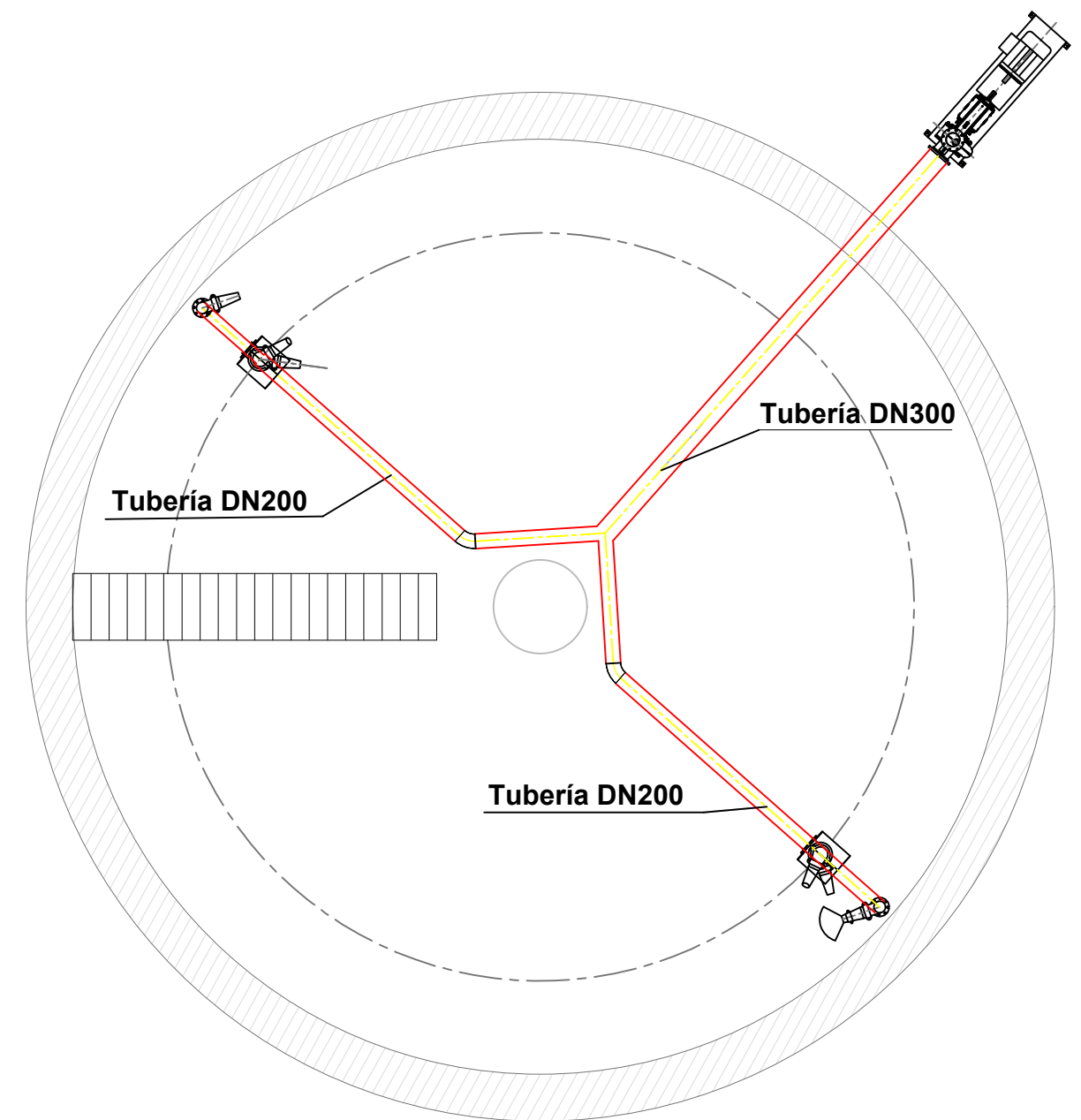


EQUIPOS:

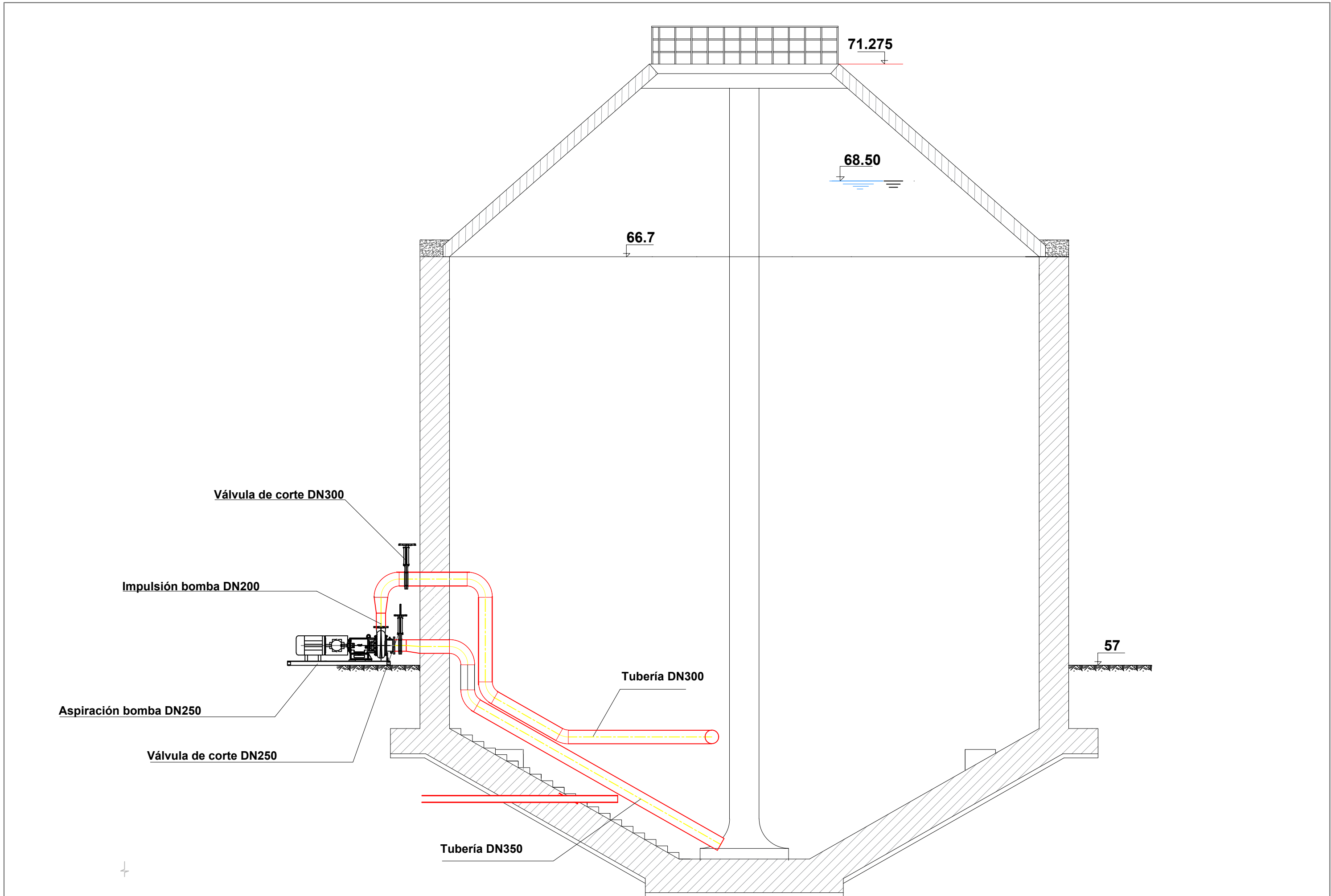
**1. BOMBA PARA AGITACION
HIDRAULICA**

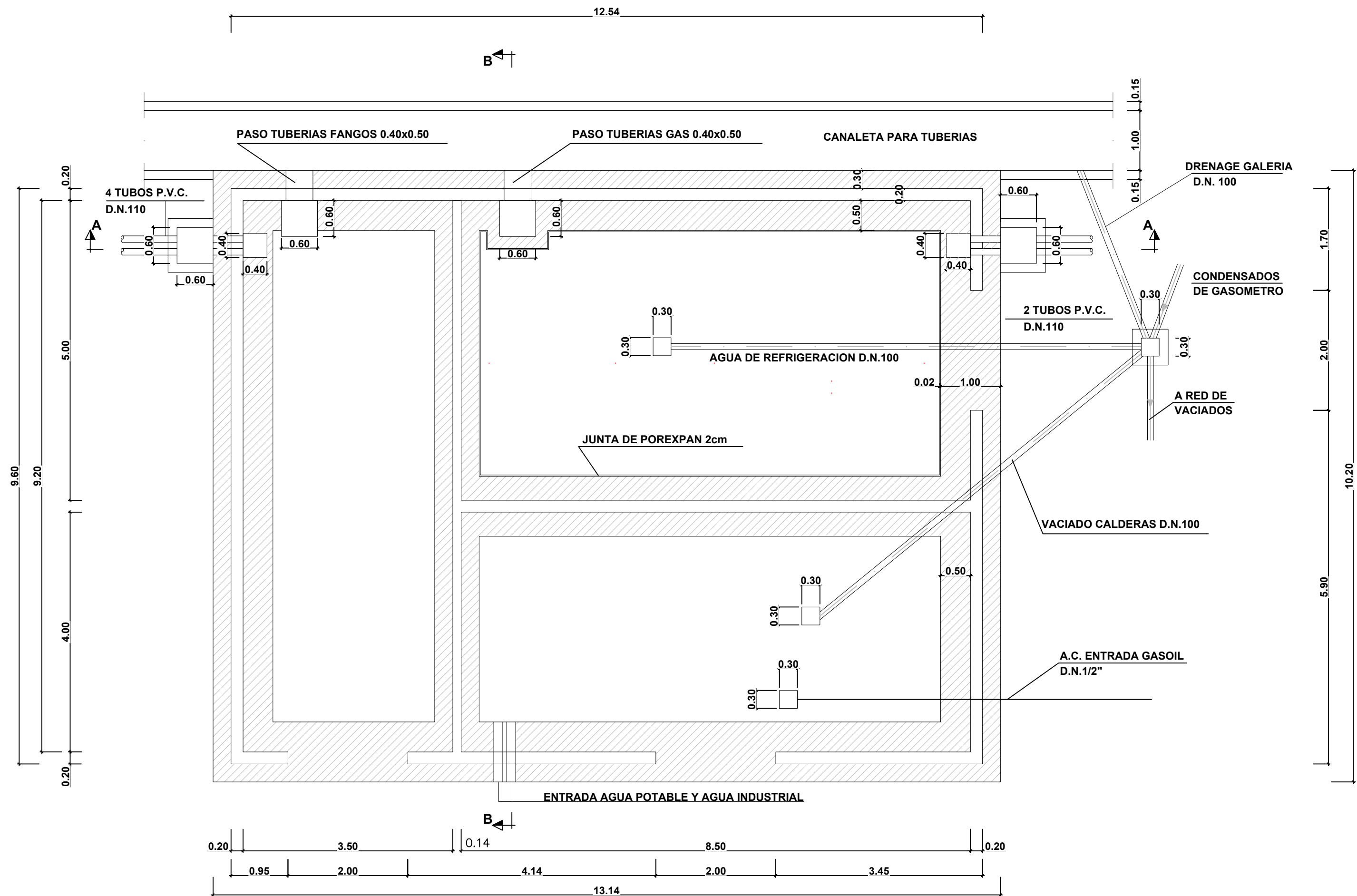


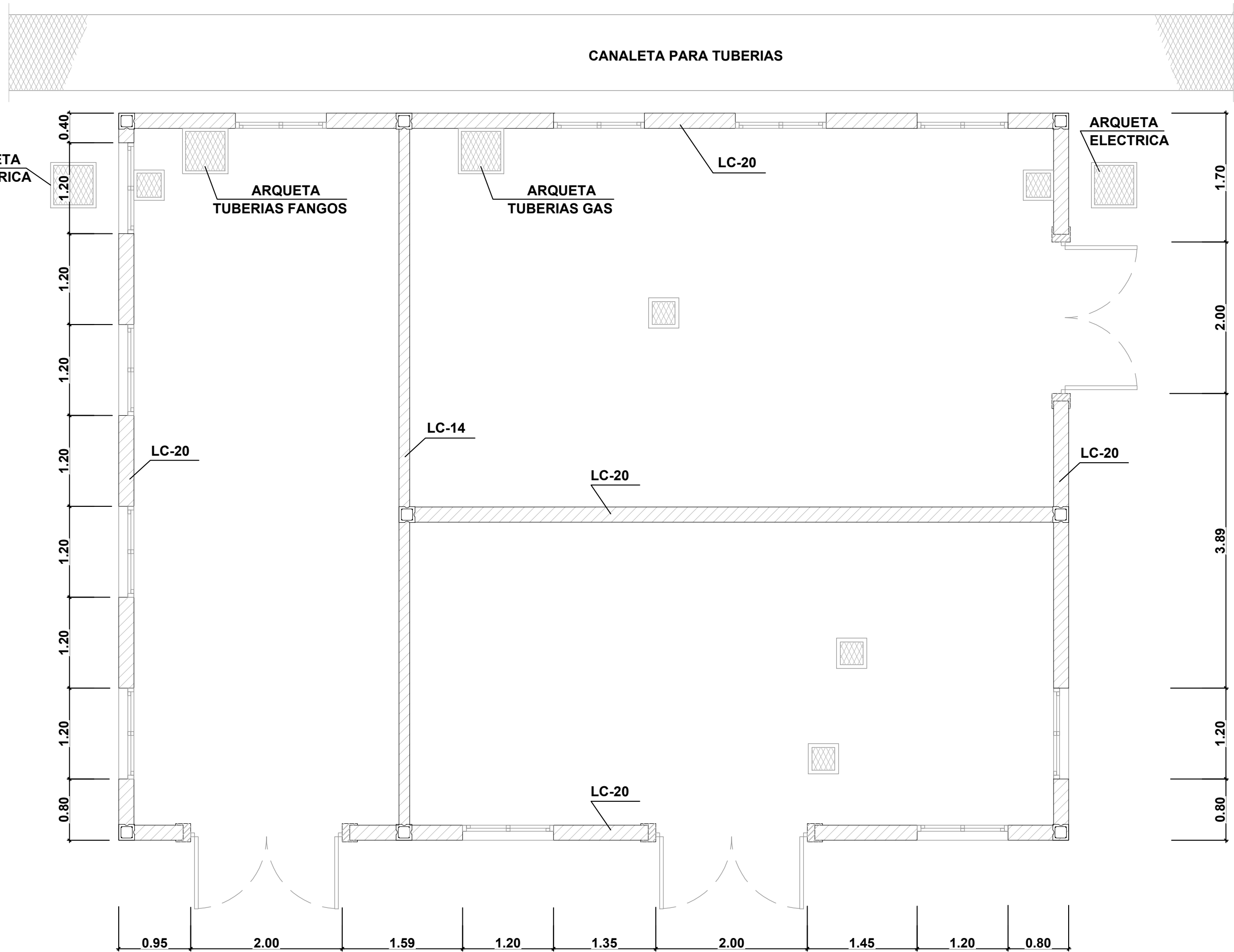
SECCION A-A

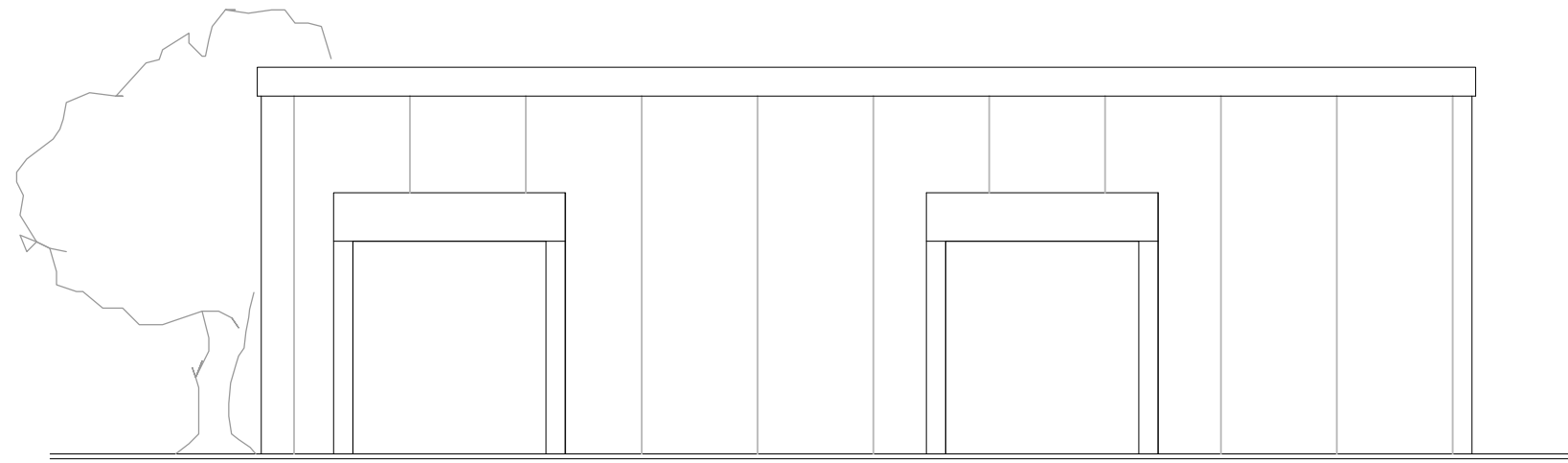


SECCION B-B

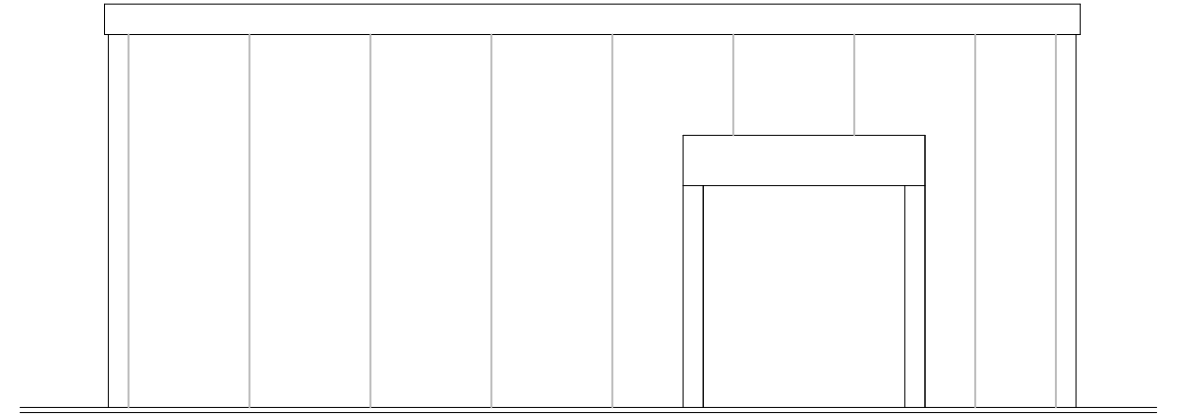




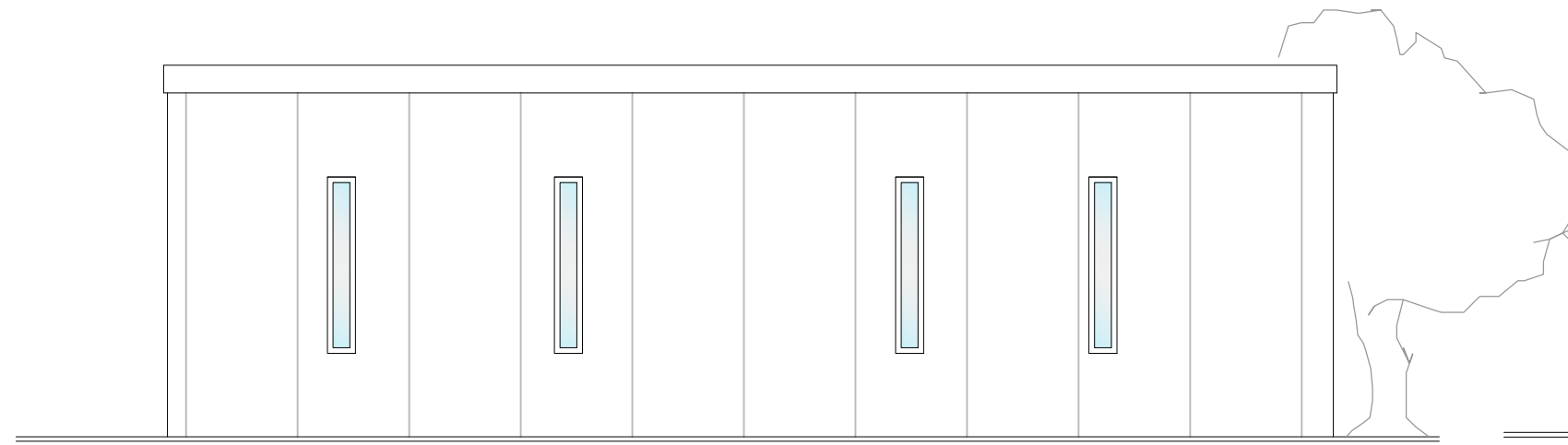




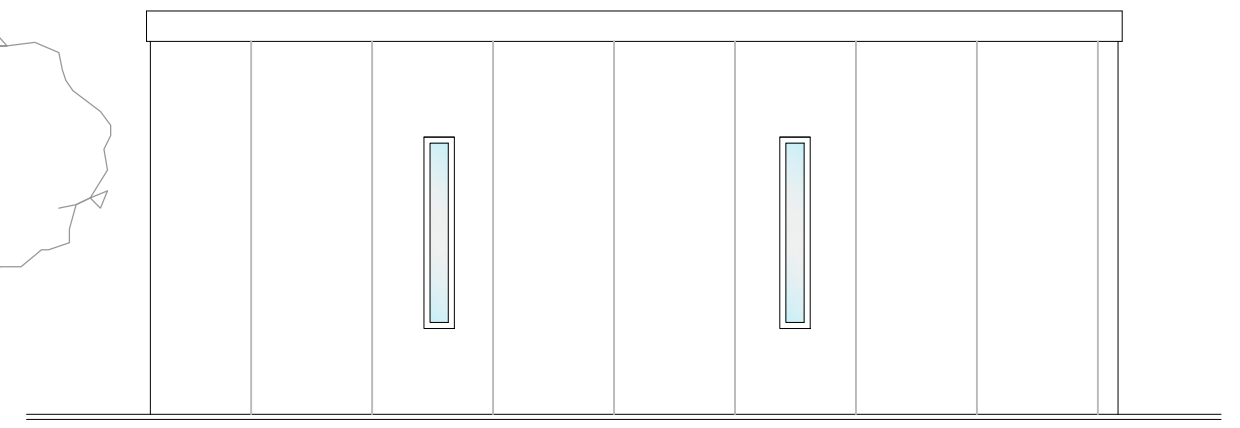
ALZADO PRINCIPAL



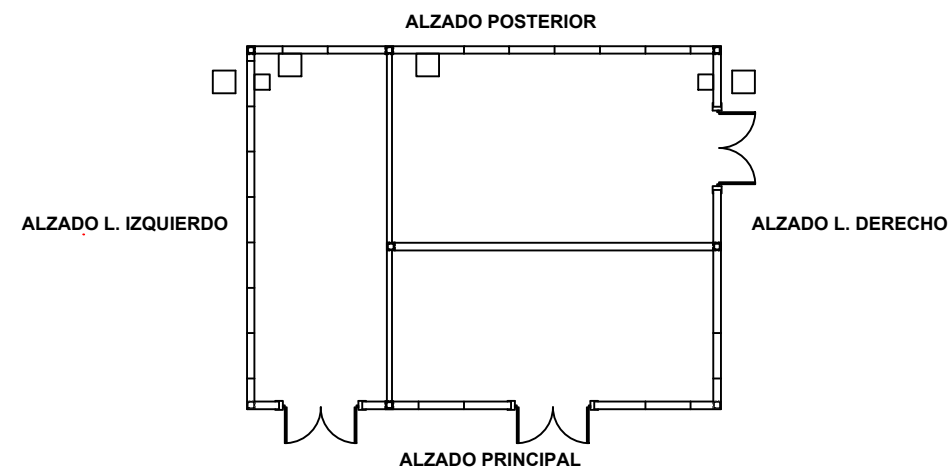
ALZADO L. DERECHO



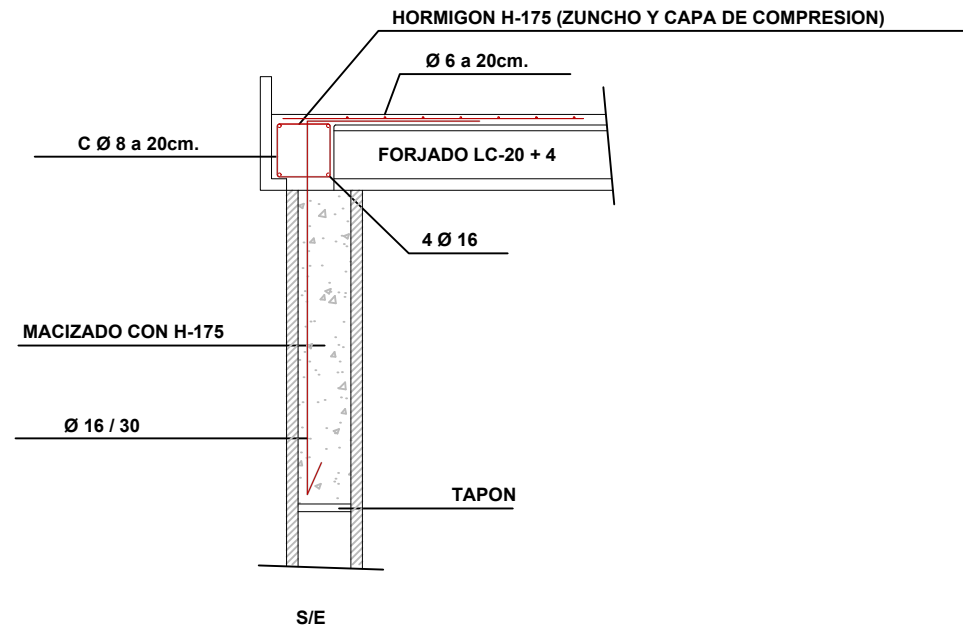
ALZADO POSTERIOR



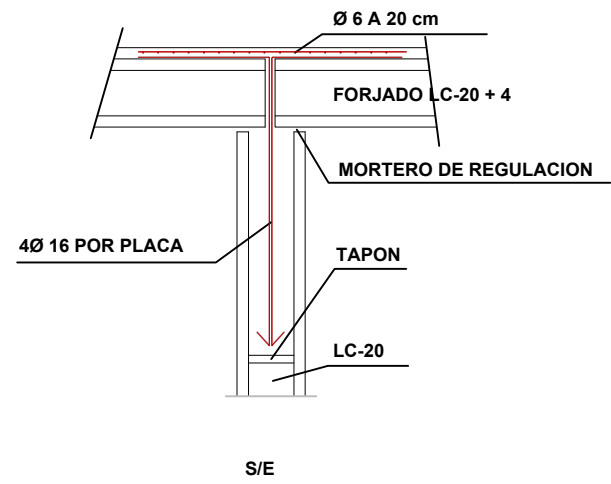
ALZADO L. IZQUIERDO



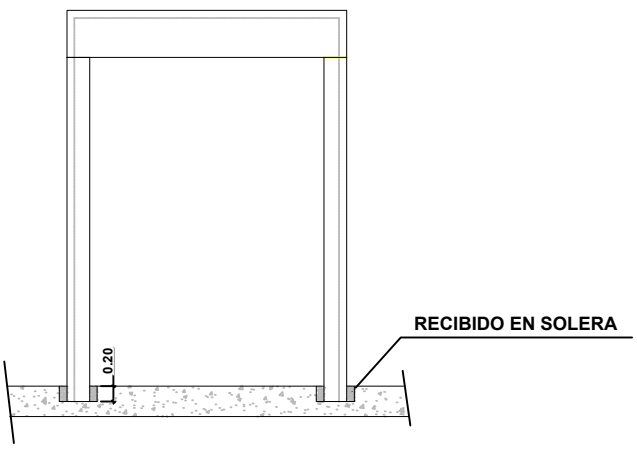
DETALLE UNION DEL FORJADO AL MURO



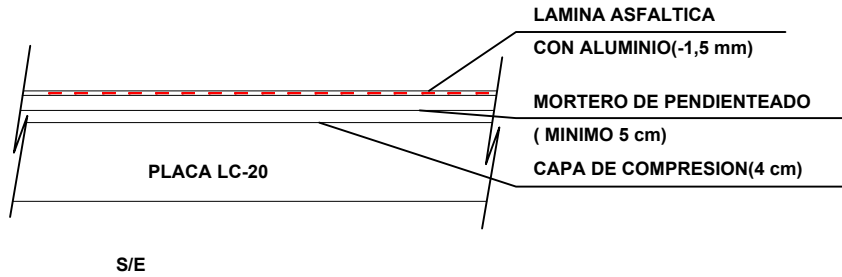
DETALLE UNION FORJADO AL MURO



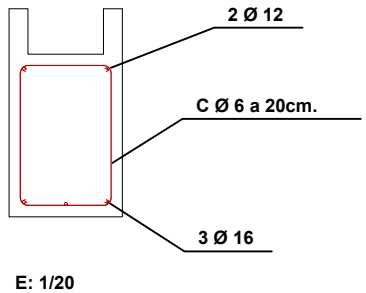
MARCO PARA PUERTA



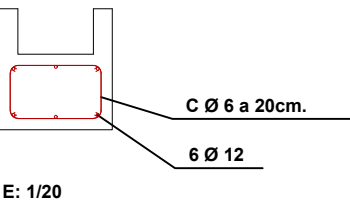
DETALLE IMPERMEABILIZACION CUBIERTA



DINTEL

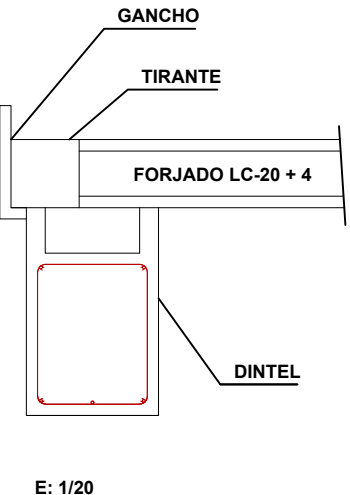


PILAR

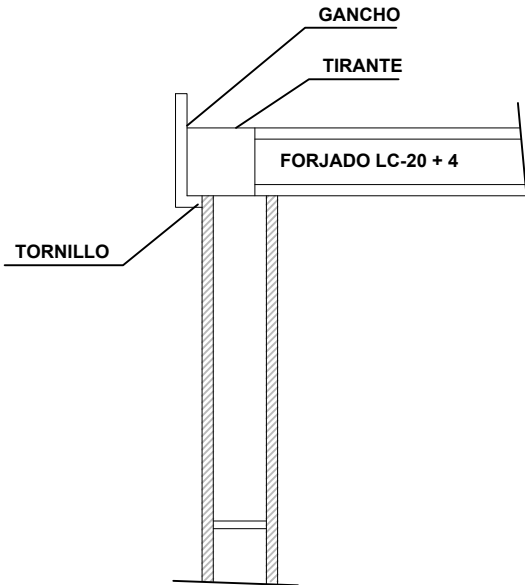


DETALLE DE COLOCACION DE LA IMPOSTA

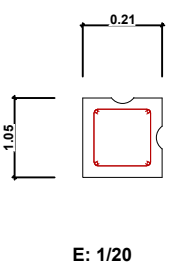
SOBRE DINTEL



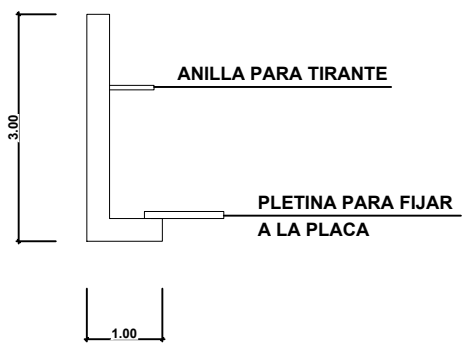
DETALLE DE COLOCACION DE LA IMPOSTA

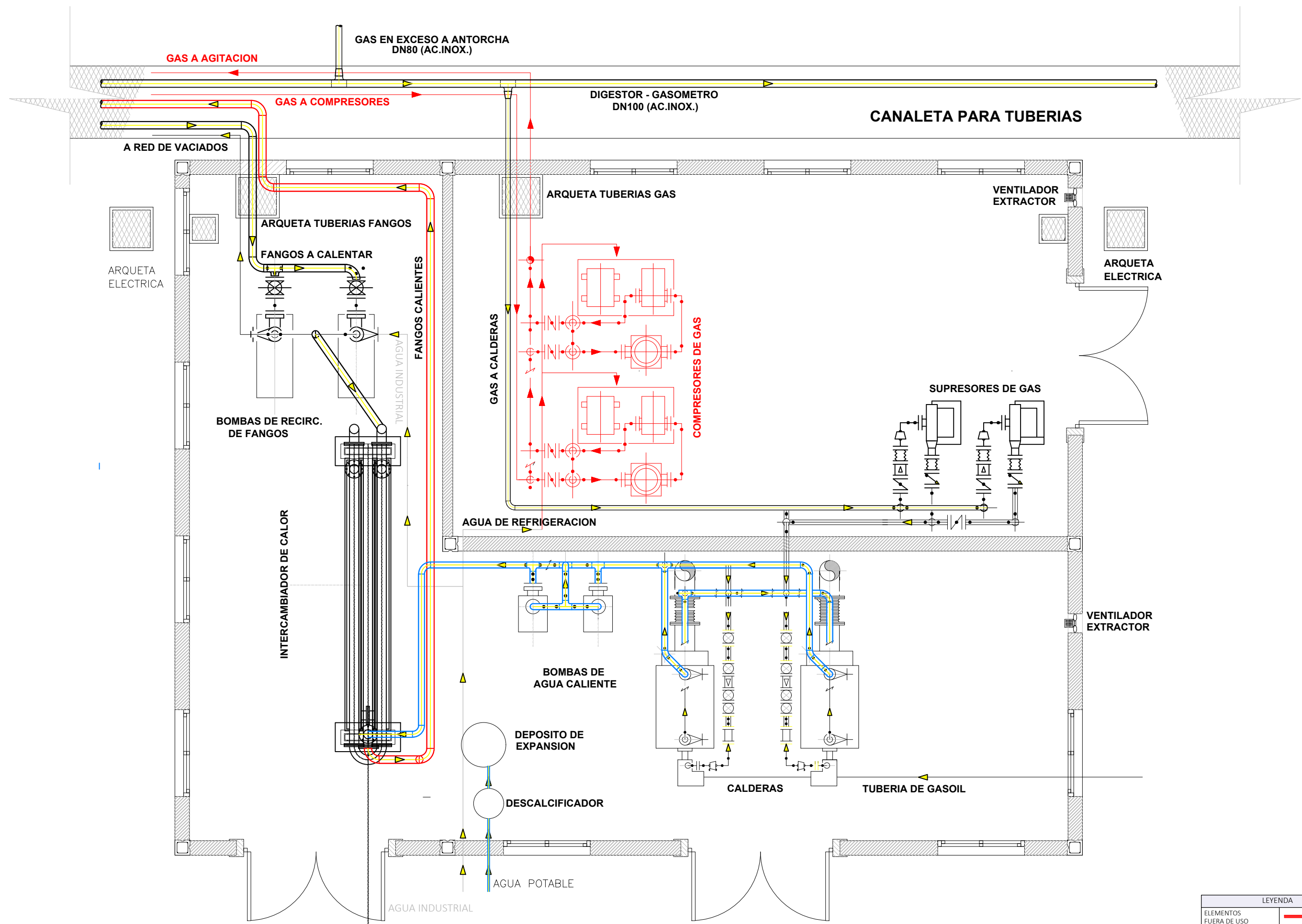


PIEZA DE ESQUINA

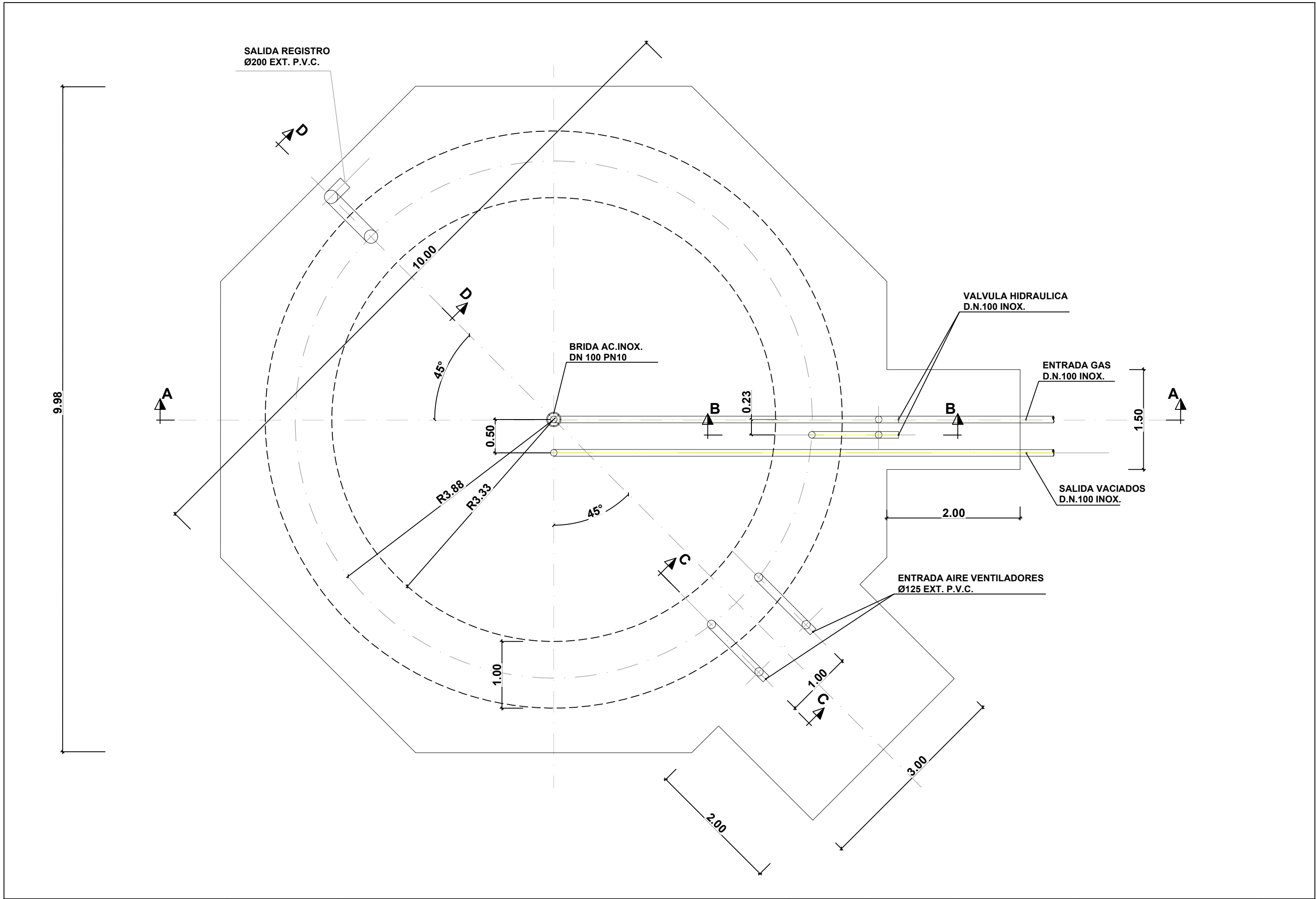


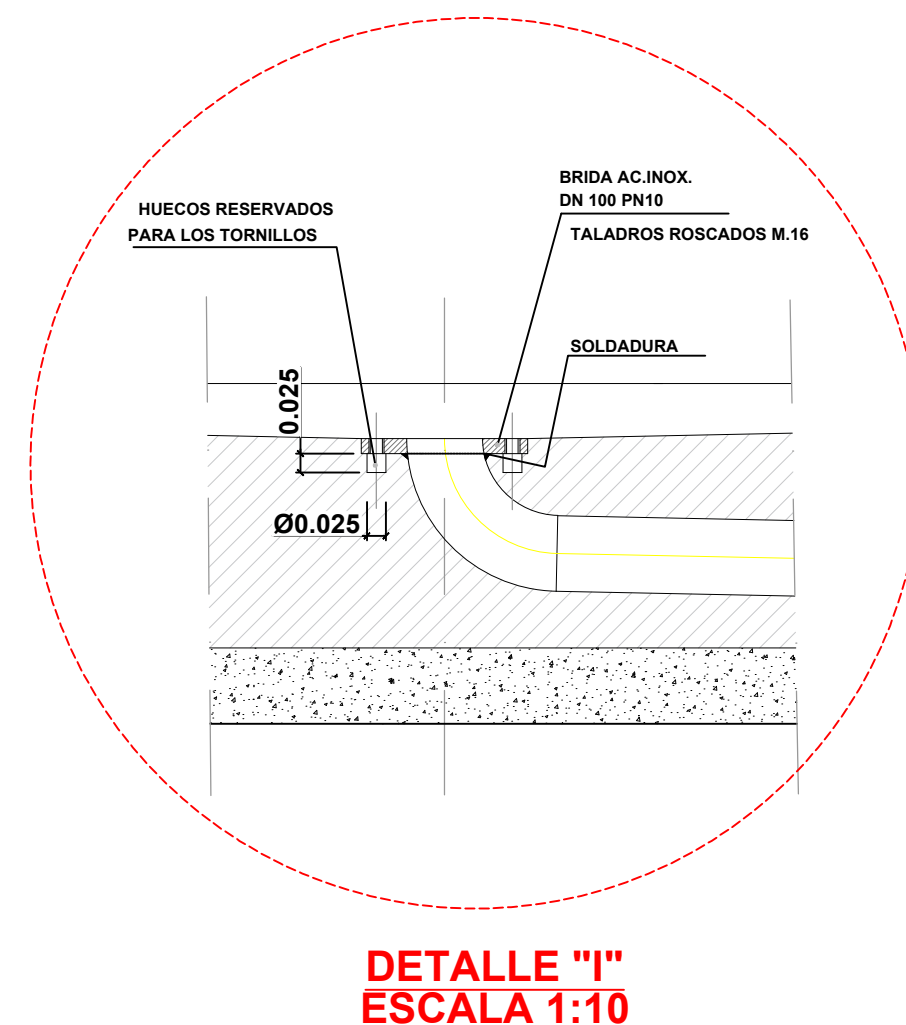
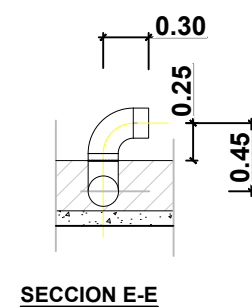
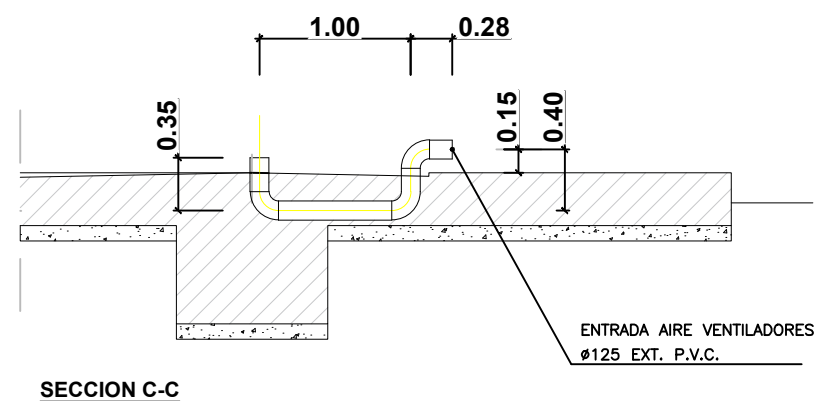
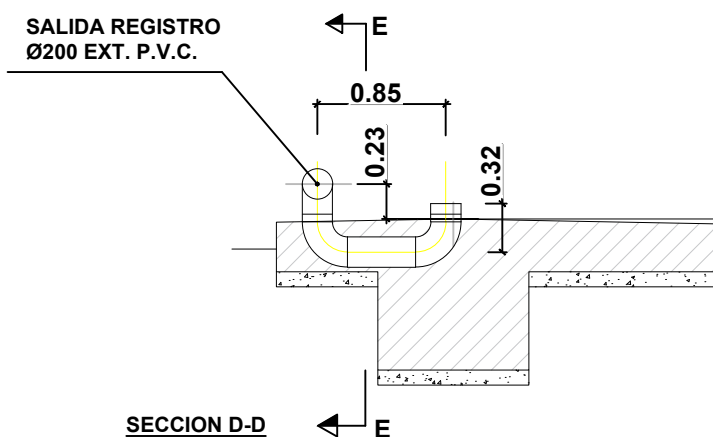
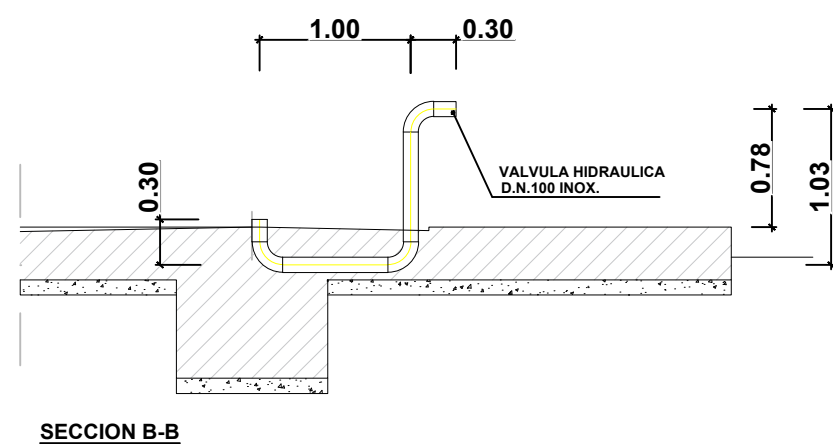
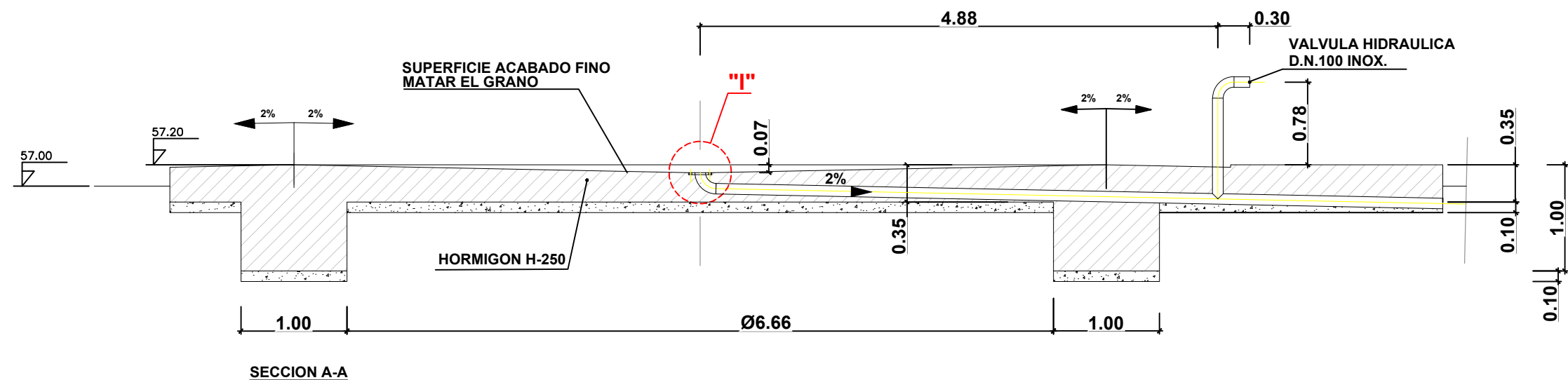
IMPOSTA

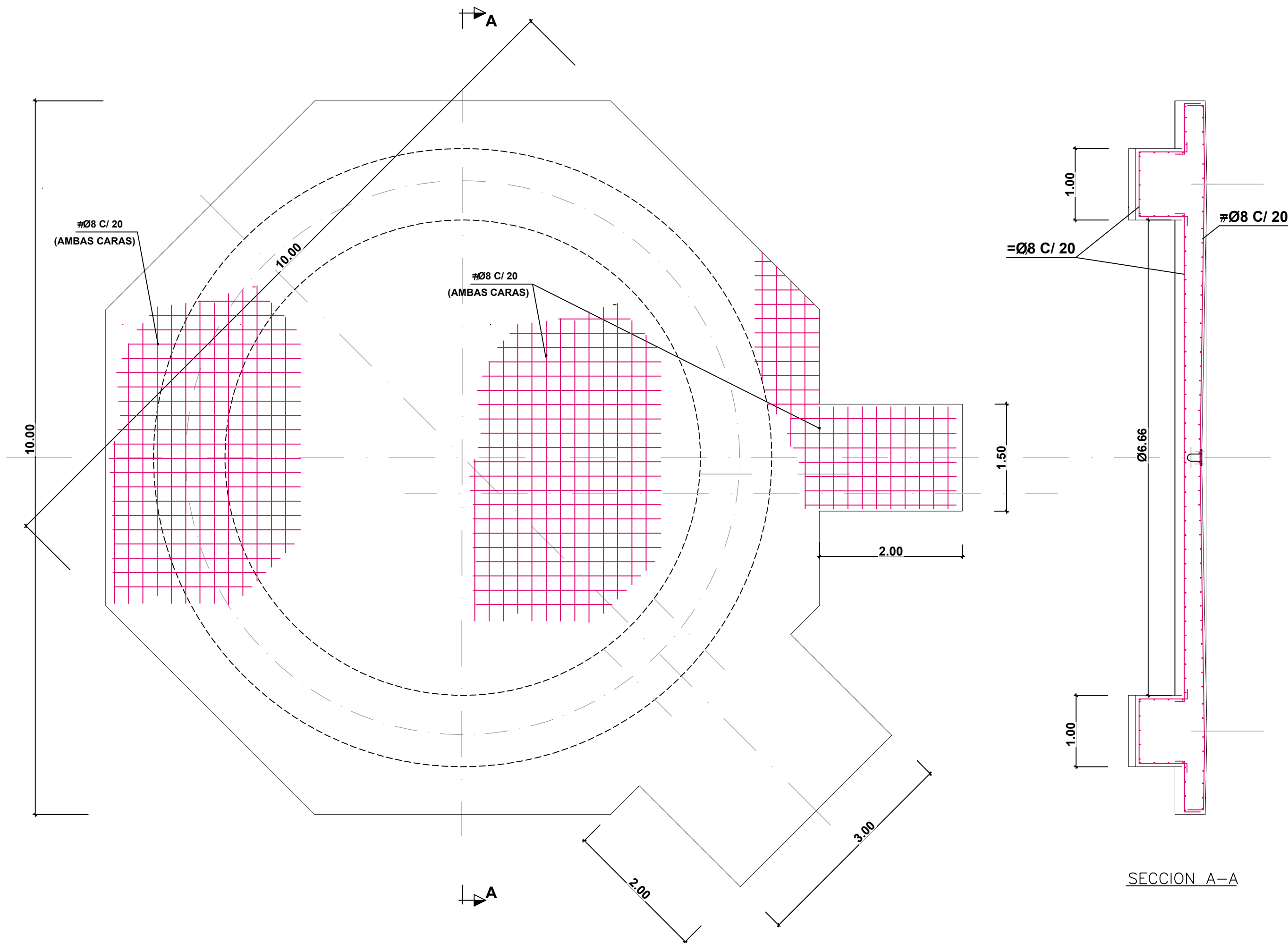




LEYENDA	
ELEMENTOS FUERA DE USO	—







SECCION A-A

SALIDA REGISTRO
Ø200 EXT. P.V.C.

- EQUIPOS:
- 1. SIFÓN
 - 2. TUBERÍA FLEXIBLE
 - 3. CARRETE DESMONTAJE DN250
 - 4. VALVULA DE COMPUERTA DN250

VALVULA HIDRAULICA
D.N.100 INOX.

ENTRADA GAS
D.N.100 INOX.

SALIDA VACIADOS
D.N.100 INOX.

ENTRADA AIRE VENTILADORES
Ø125 EXT. P.V.C.

1.00



INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO
Jorge P.
Fdo. Jorge Pérez Pérez
ICCP

TÍTULO DEL PROYECTO:

ANTEPROYECTO PARA LA REHABILITACIÓN DE LA
LÍNEA DE FANGOS DE LA E.D.A.R. EL EJIDO (ALMERÍA)

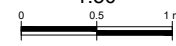
CLAVE

FECHA

FEBRERO-2023

ESCALA

1:50



ORIGINAL A3

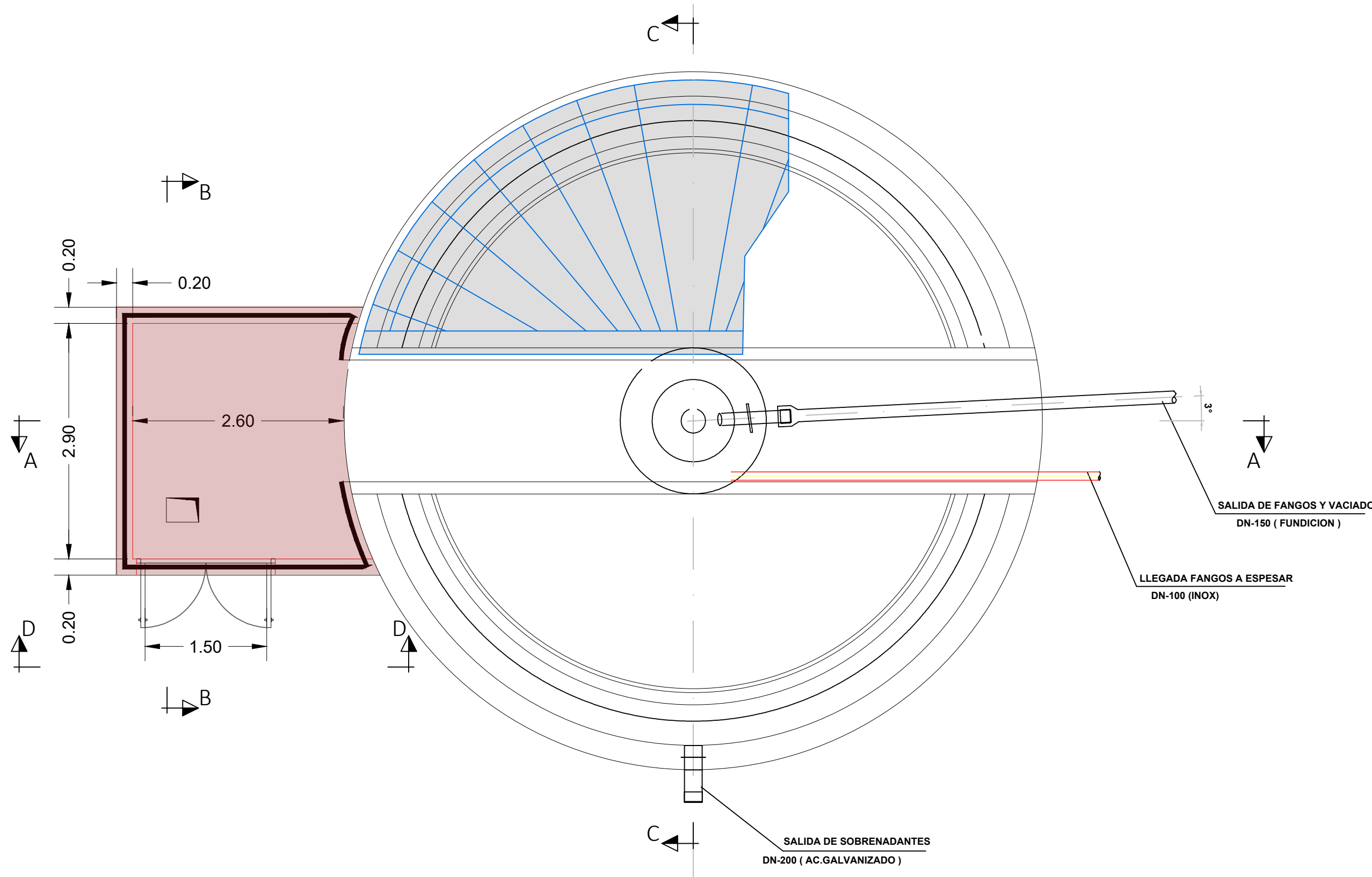
DESIGNACIÓN

E.D.A.R.
GASOMETRO
EQUIPOS

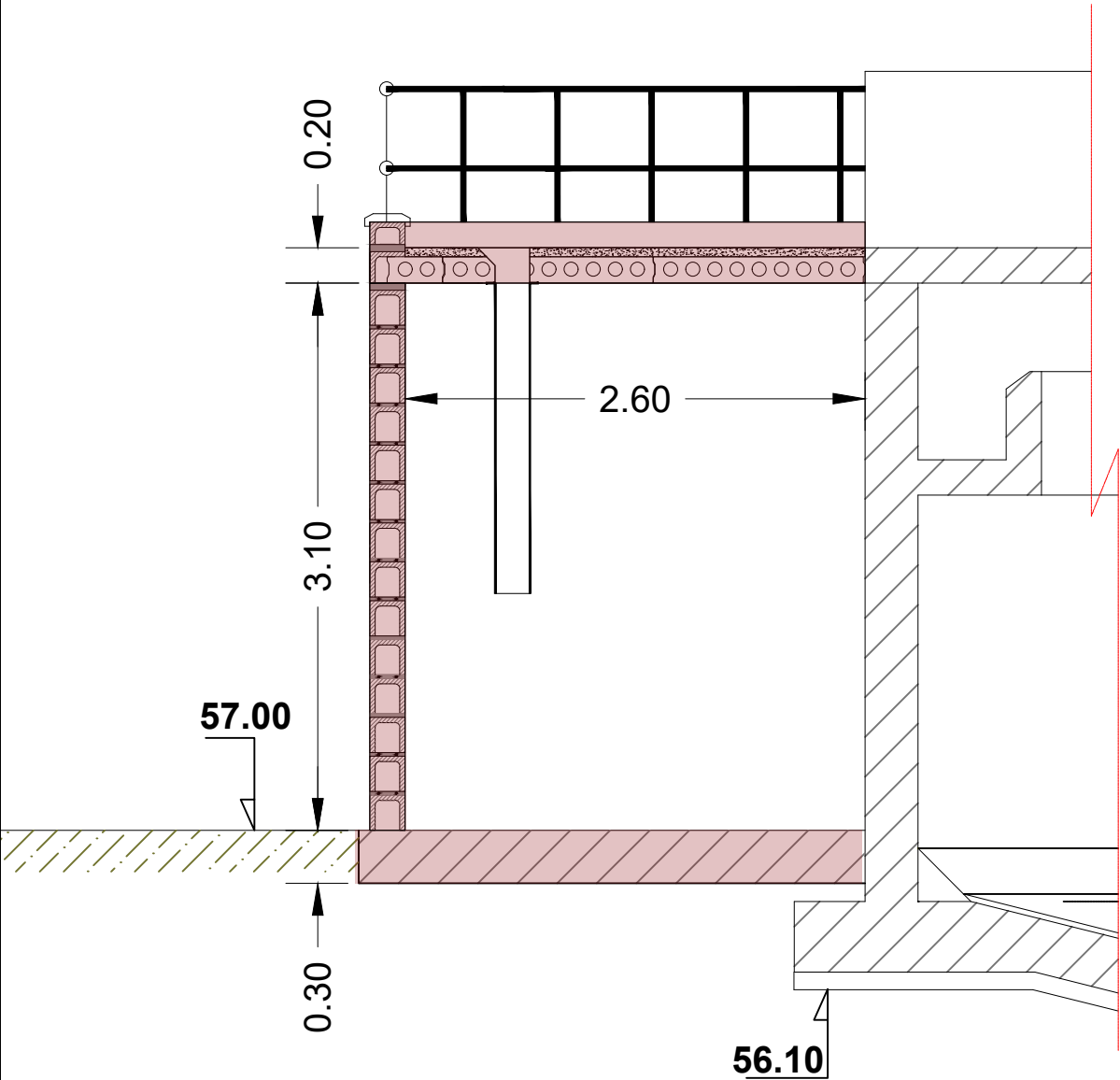
PLANO Nº:

8

HOJA 4 DE 4



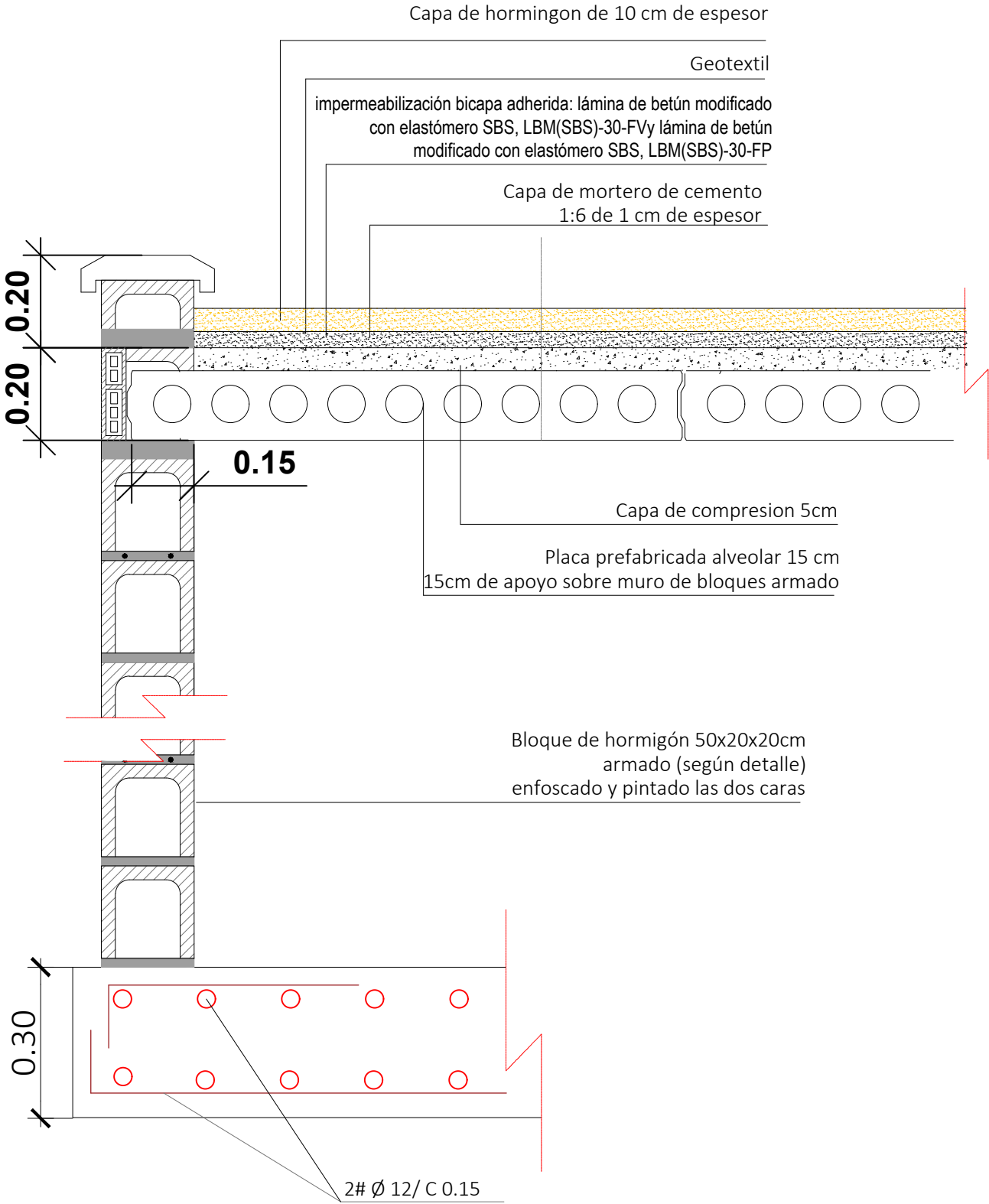
LEYENDA	
NUEVOS ELEMENTOS	

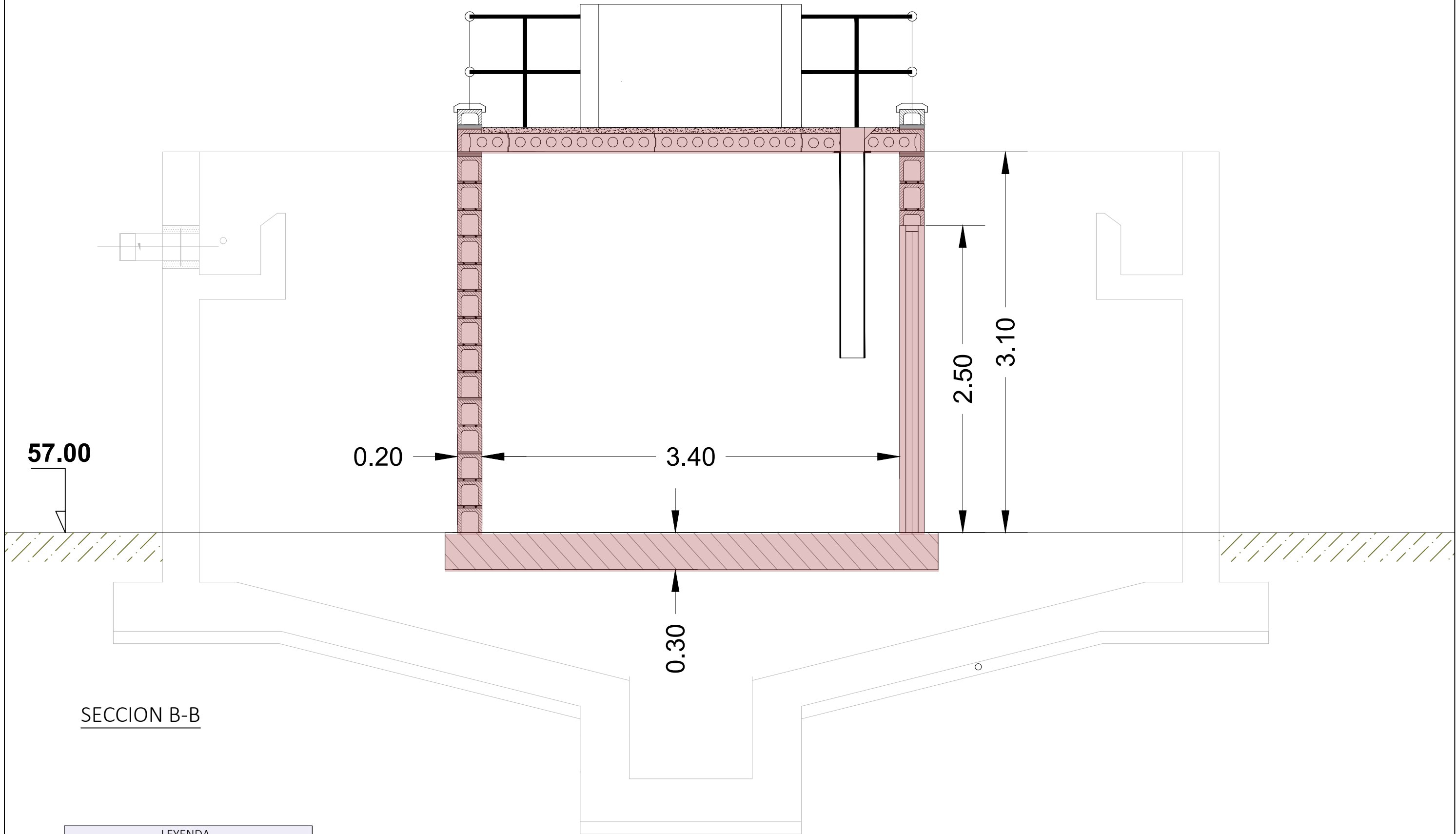


SECCION A-A

LEYENDA	
NUEVOS ELEMENTOS	

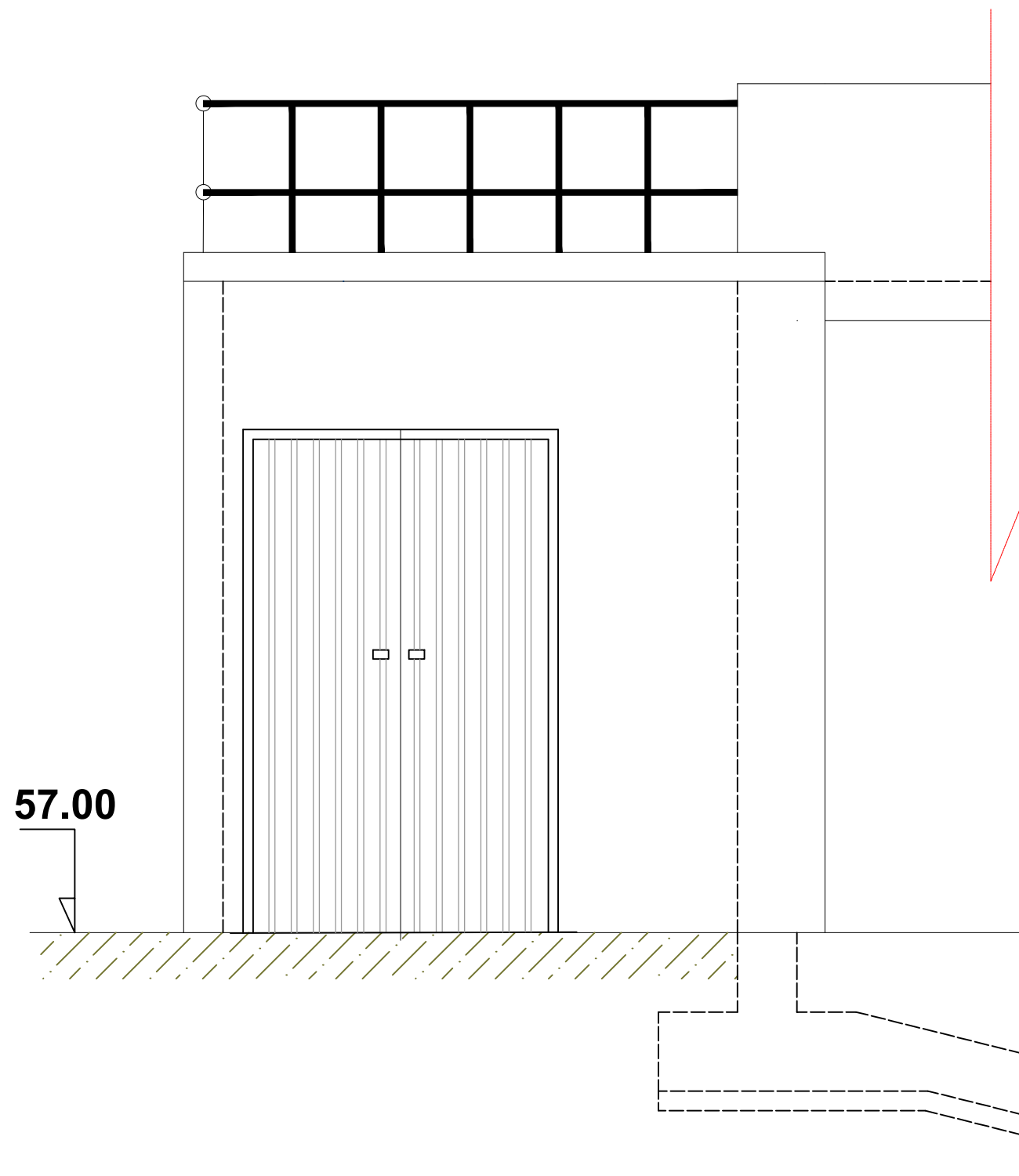
DETALLE "A" CERRAMIENTO Y CUBIERTA
ESCALA 1:25





SECCION B-B

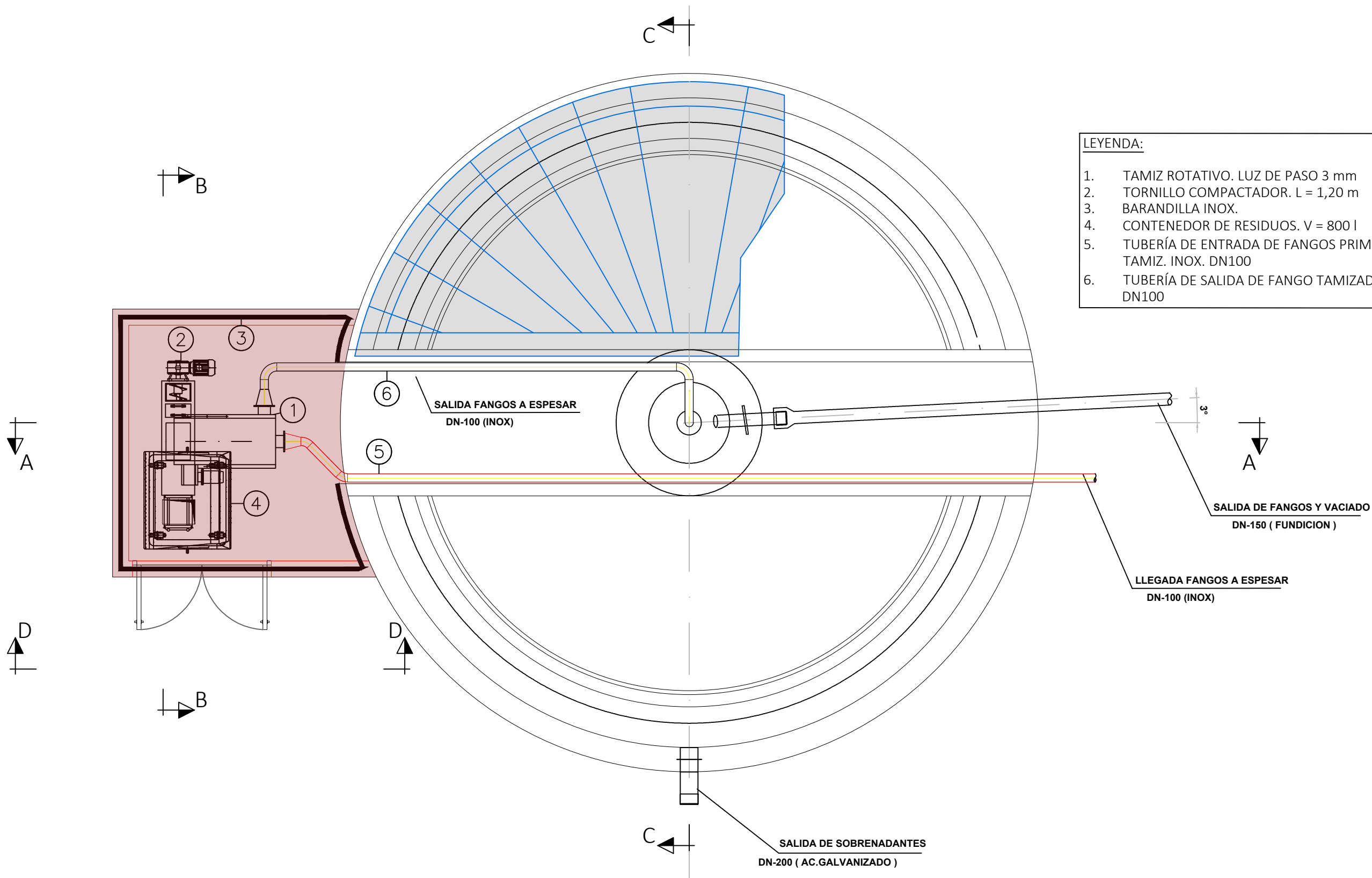
LEYENDA	
NUEVOS ELEMENTOS	



SECCION D-D

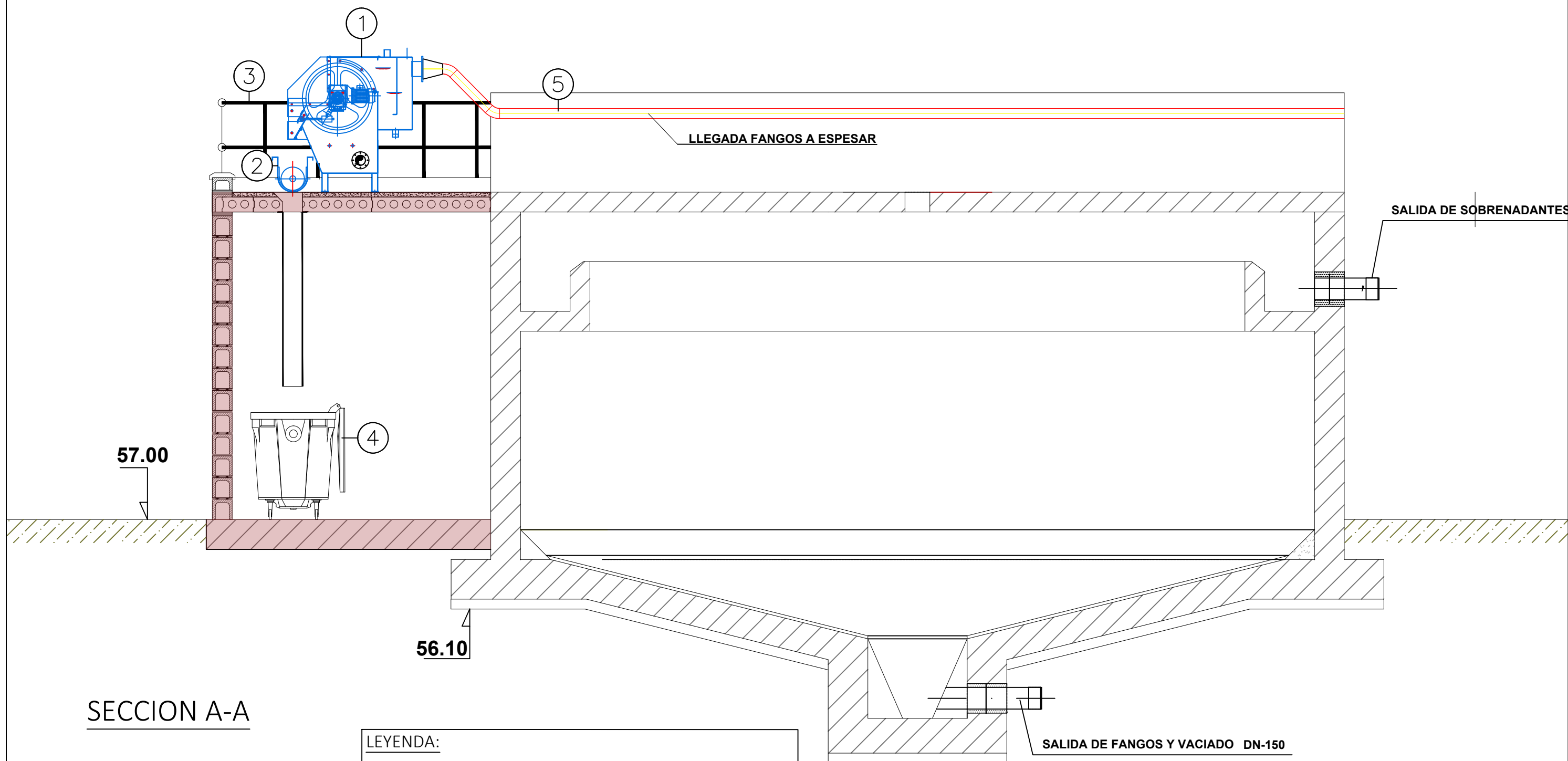
PUERTAS METÁLICAS Y ALUMINIO

TIPO	P-1
UDS.	1
A x h (m.)	1.50 x 3,00
SITUACIÓN	ENTRADA A EDIFICIO ROTO TAMIX
MATERIAL	PUERTA DE CHAPA METÁLICA PANEL SANDWICH CON PERFIL GALVANIZADO



- LEYENDA:
- 1. TAMIZ ROTATIVO. LUZ DE PASO 3 mm
 - 2. TORNILLO COMPACTADOR. L = 1,20 m
 - 3. BARANDILLA INOX.
 - 4. CONTENEDOR DE RESIDUOS. V = 800 l
 - 5. TUBERÍA DE ENTRADA DE FANGOS PRIMARIOS A TAMIZ. INOX. DN100
 - 6. TUBERÍA DE SALIDA DE FANGO TAMIZADO. INOX. DN100

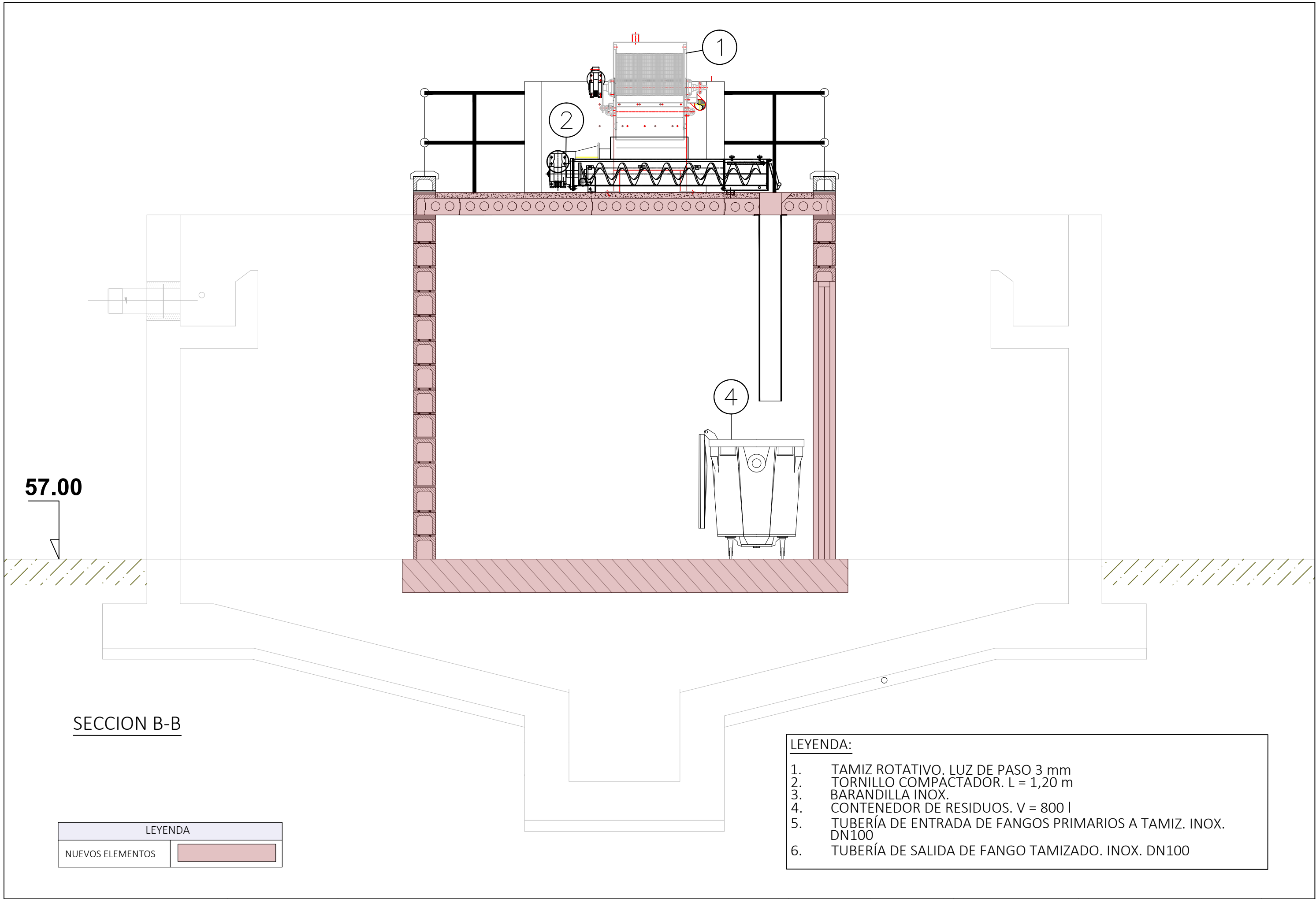
LEYENDA	
NUEVOS ELEMENTOS	



SECCION A-A

- LEYENDA:
1. TAMIZ ROTATIVO. LUZ DE PASO 3 mm
 2. TORNILLO COMPACTADOR. L = 1,20 m
 3. BARANDILLA INOX.
 4. CONTENEDOR DE RESIDUOS. V = 800 l
 5. TUBERÍA DE ENTRADA DE FANGOS PRIMARIOS A TAMIZ. INOX. DN100
 6. TUBERÍA DE SALIDA DE FANGO TAMIZADO. INOX. DN100

LEYENDA	
NUEVOS ELEMENTOS	

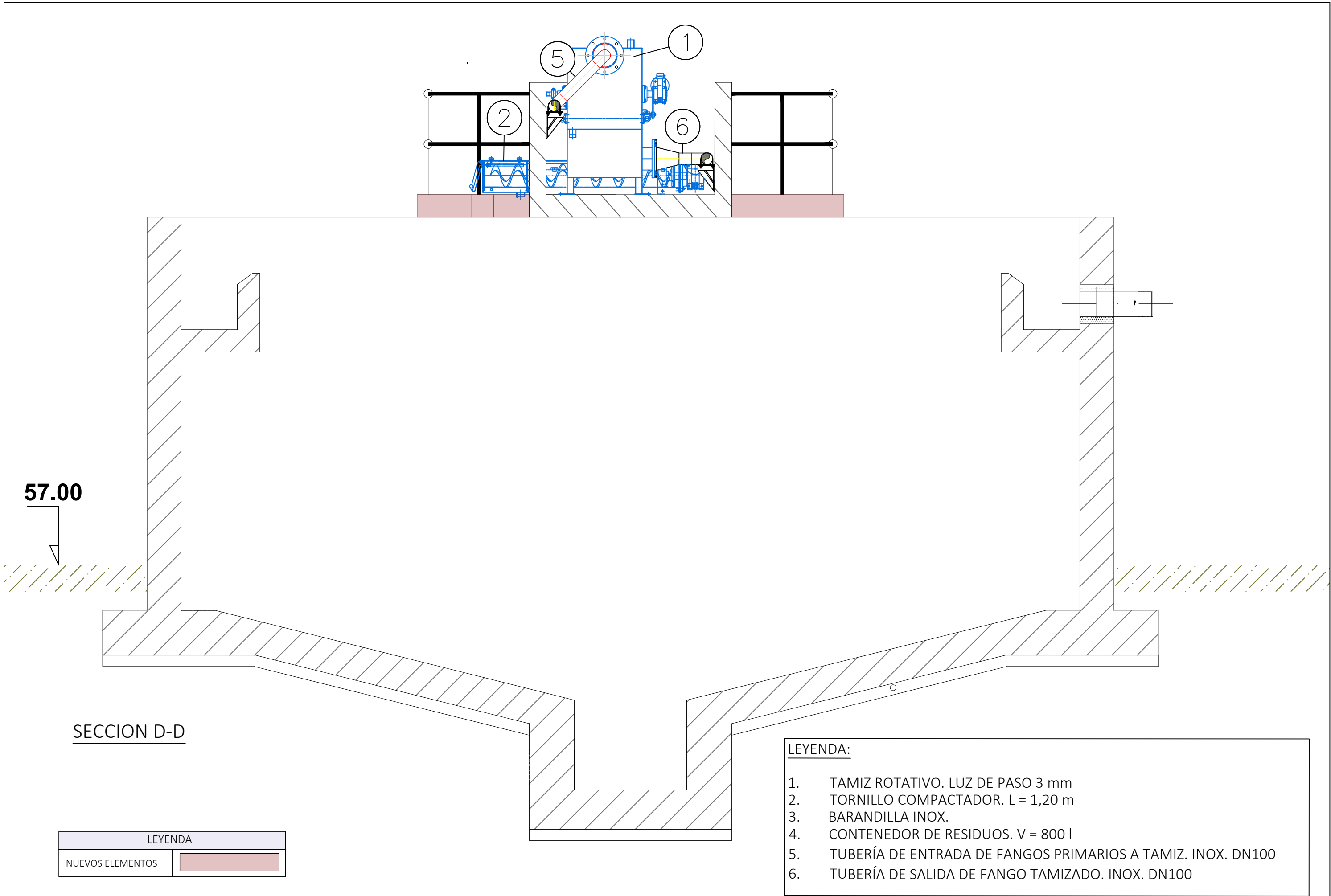


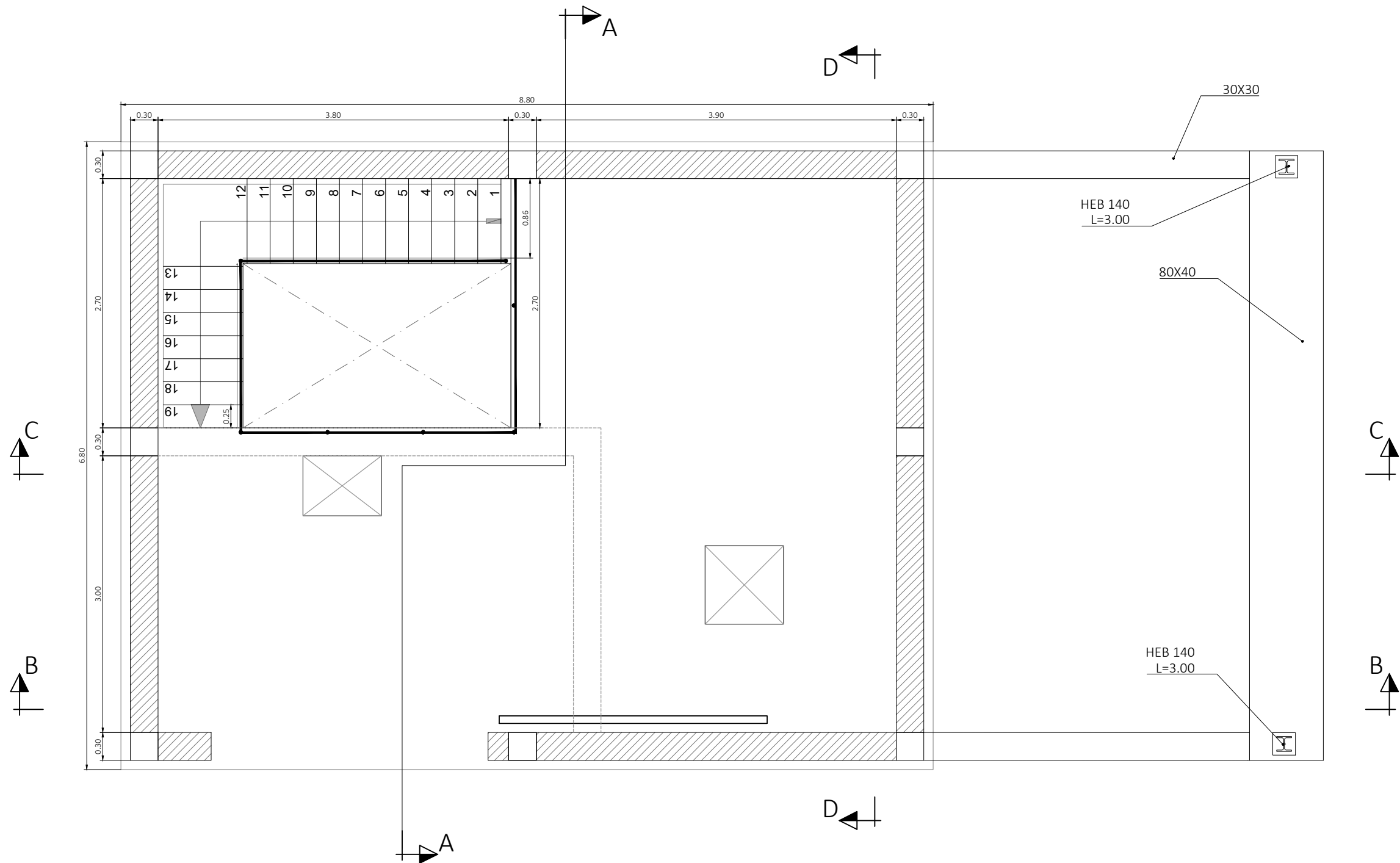
57.00

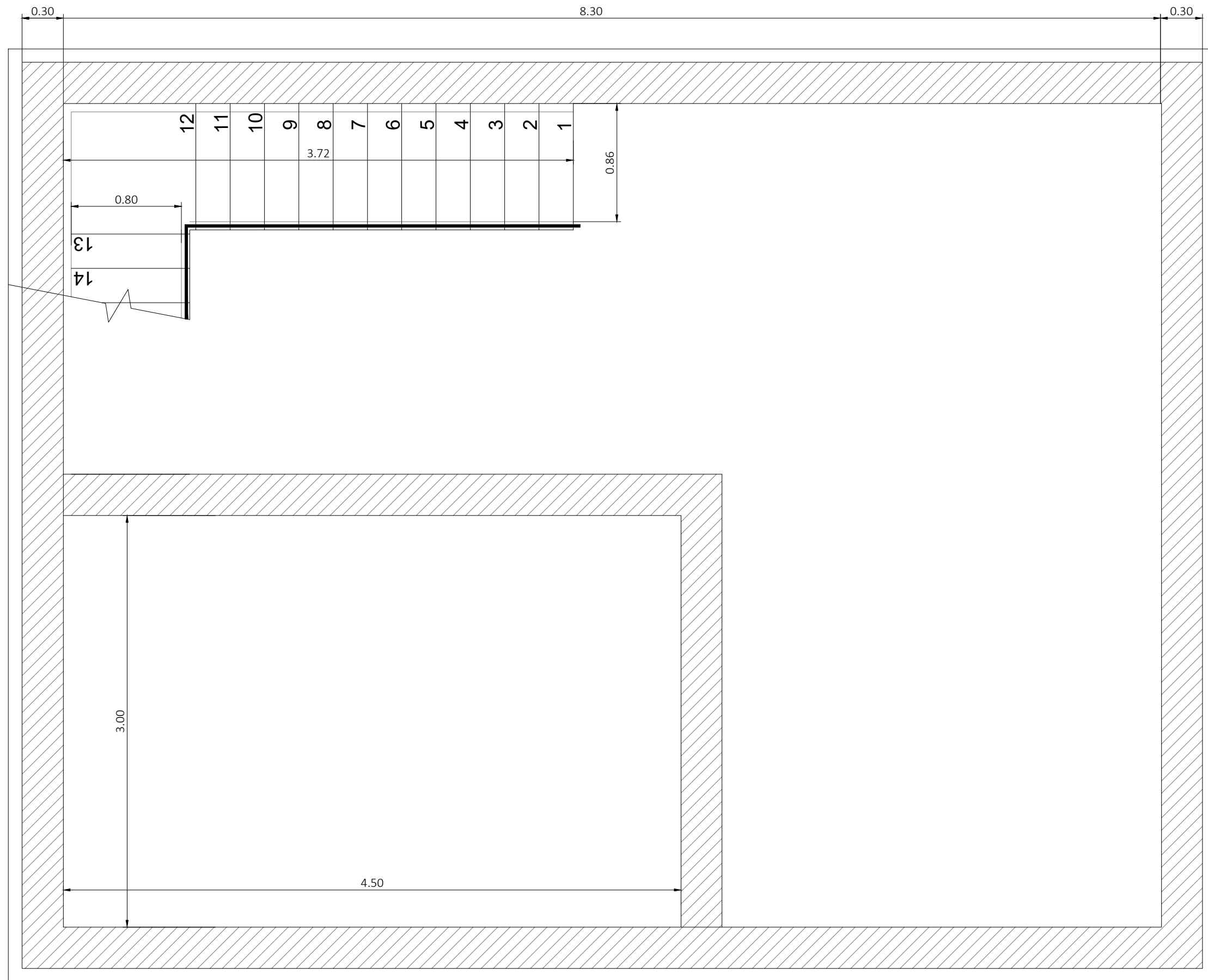
SECCION B-B

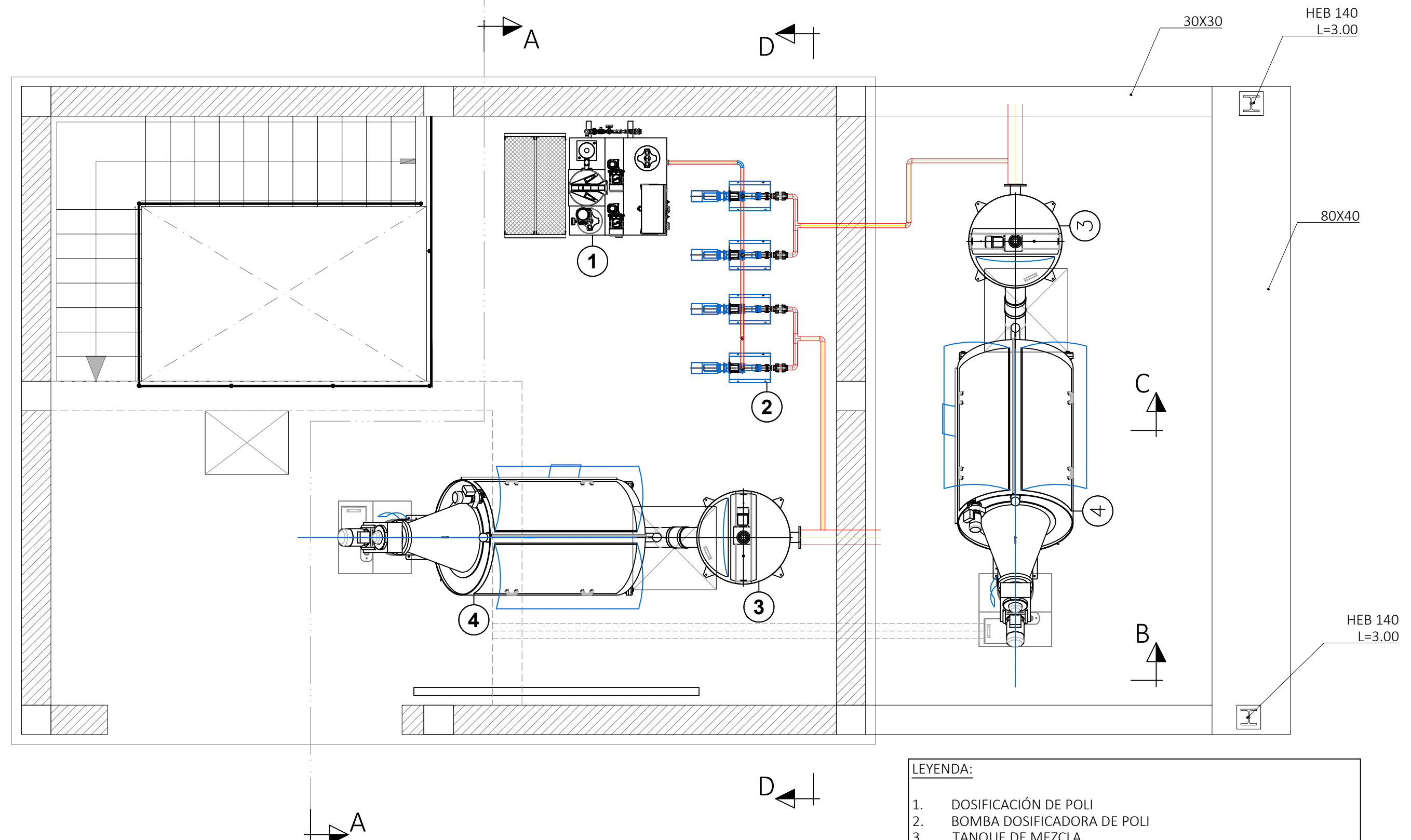
LEYENDA	
NUEVOS ELEMENTOS	

LEYENDA:	
1.	TAMIZ ROTATIVO. LUZ DE PASO 3 mm
2.	TORNILLO COMPACTADOR. L = 1,20 m
3.	BARANDILLA INOX.
4.	CONTENEDOR DE RESIDUOS. V = 800 l
5.	TUBERÍA DE ENTRADA DE FANGOS PRIMARIOS A TAMIZ. INOX. DN100
6.	TUBERÍA DE SALIDA DE FANGO TAMIZADO. INOX. DN100

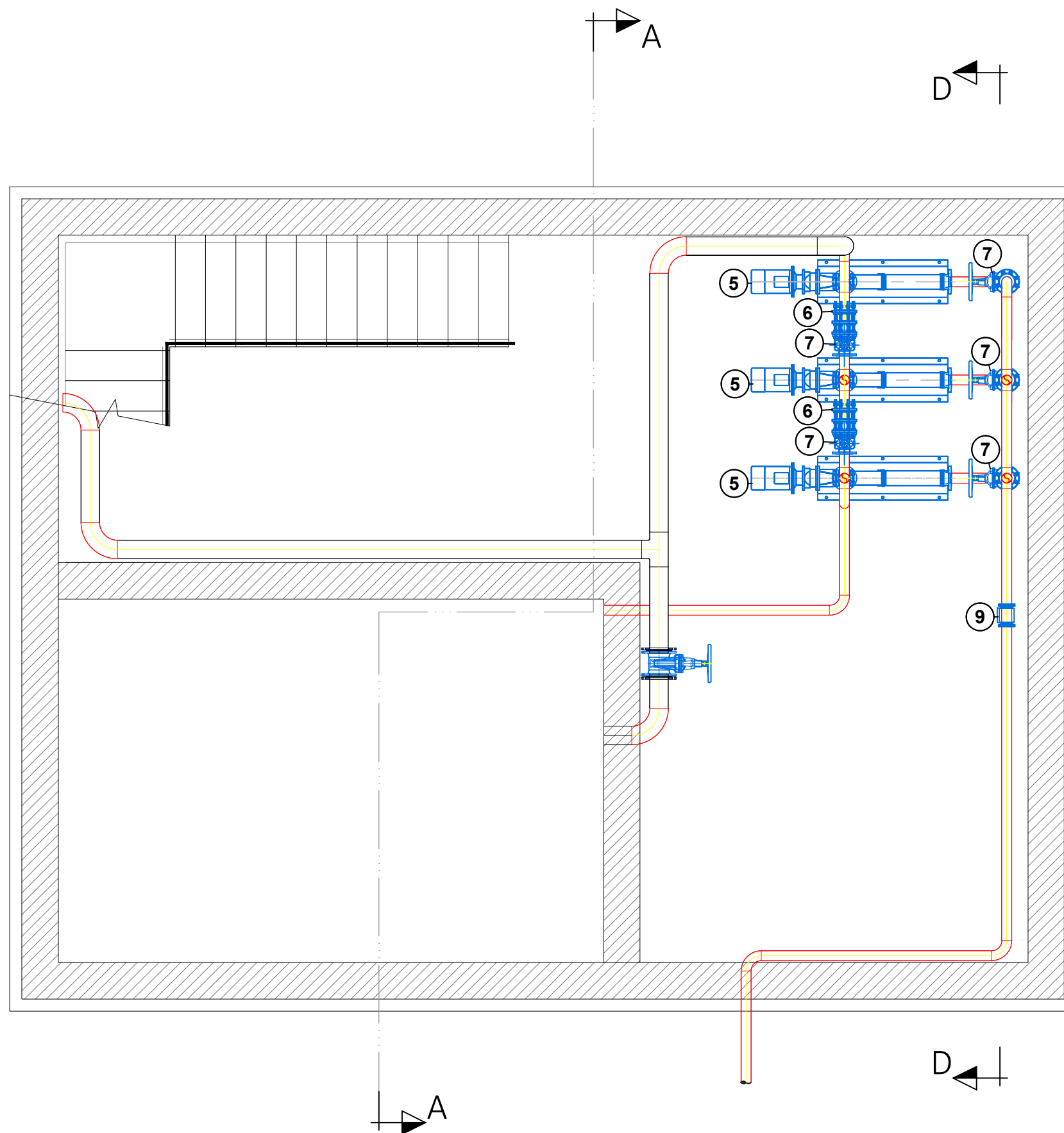






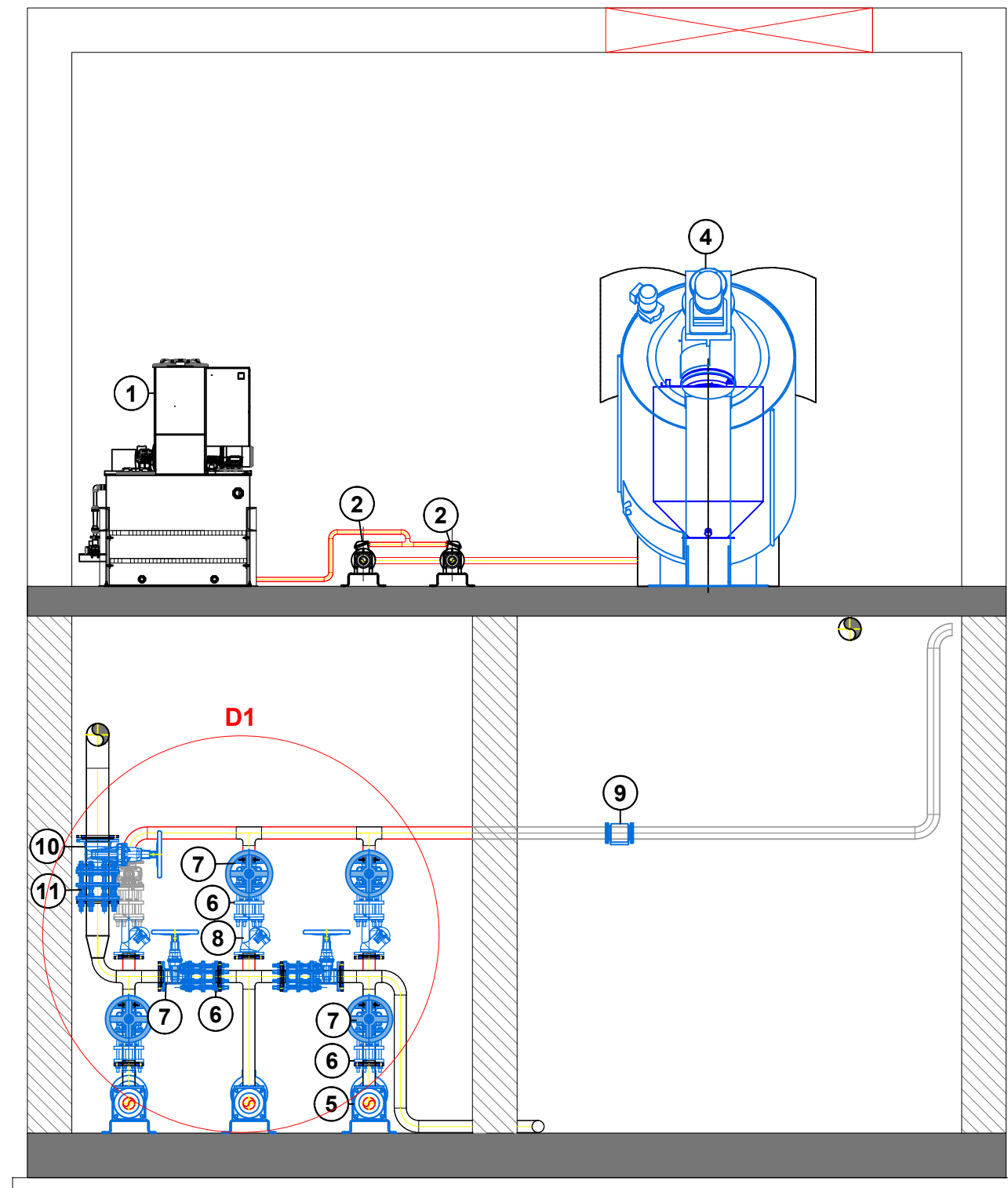


- LEYENDA:
- 1. DOSIFICACIÓN DE POLI
 - 2. BOMBA DOSIFICADORA DE POLI
 - 3. TANQUE DE MEZCLA
 - 4. ESPESADOR MECÁNICO
 - 5. BOMBA DE FANGOS A DIGESTIÓN (2+1 UDS.)
 - 6. CARRETE DESMONTAJE DN80 (7 UDS)
 - 7. VÁLVULA DE COMPUERTA DN80 (7 UDS)
 - 8. VÁLVULA ANTIRETORNO DE BOLA DN80 (3 UDS)
 - 9. CAUDALIMETRO
 - 10. VALVULA DE COMPUERTA DN150 (1UD)
 - 11. CARRETE DESMONTAJE DN150 (1UD)

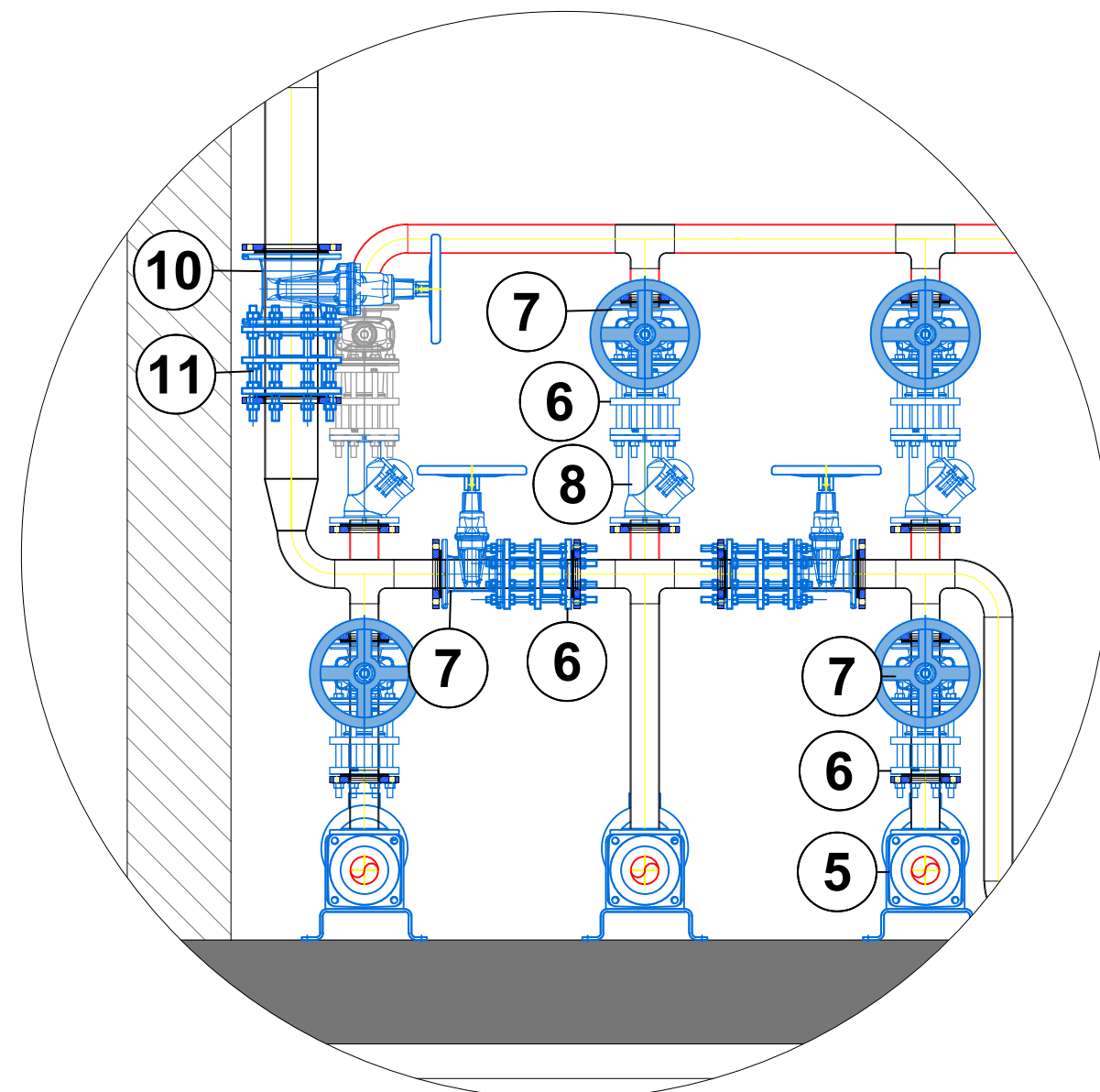


LEYENDA:

1. DOSIFICACIÓN DE POLI
2. BOMBA DOSIFICADORA DE POLI
3. TANQUE DE MEZCLA
4. ESPESADOR MECÁNICO
5. BOMBA DE FANGOS A DIGESTIÓN (2+1 UDS.)
6. CARRETE DESMONTAJE DN80 (7 UDS)
7. VÁLVULA DE COMPUERTA DN80 (7 UDS)
8. VÁLVULA ANTIRETORNO DE BOLA DN80 (3 UDS)
9. CAUDALIMETRO
10. VALVULA DE COMPUERTA DN150 (1UD)
11. CARRETE DESMONTAJE DN150 (1UD)



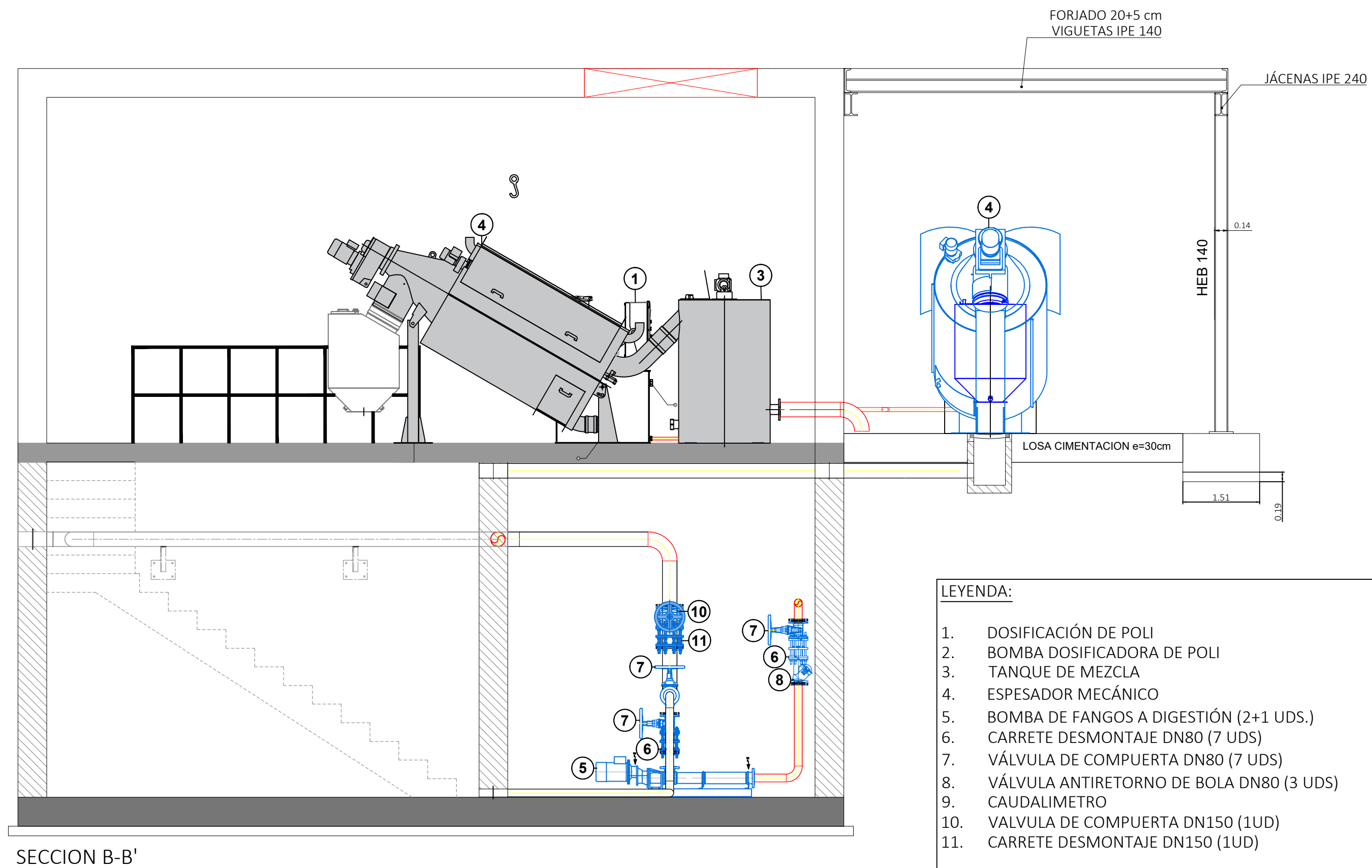
SECCION A-A'



D1
ESC1:30

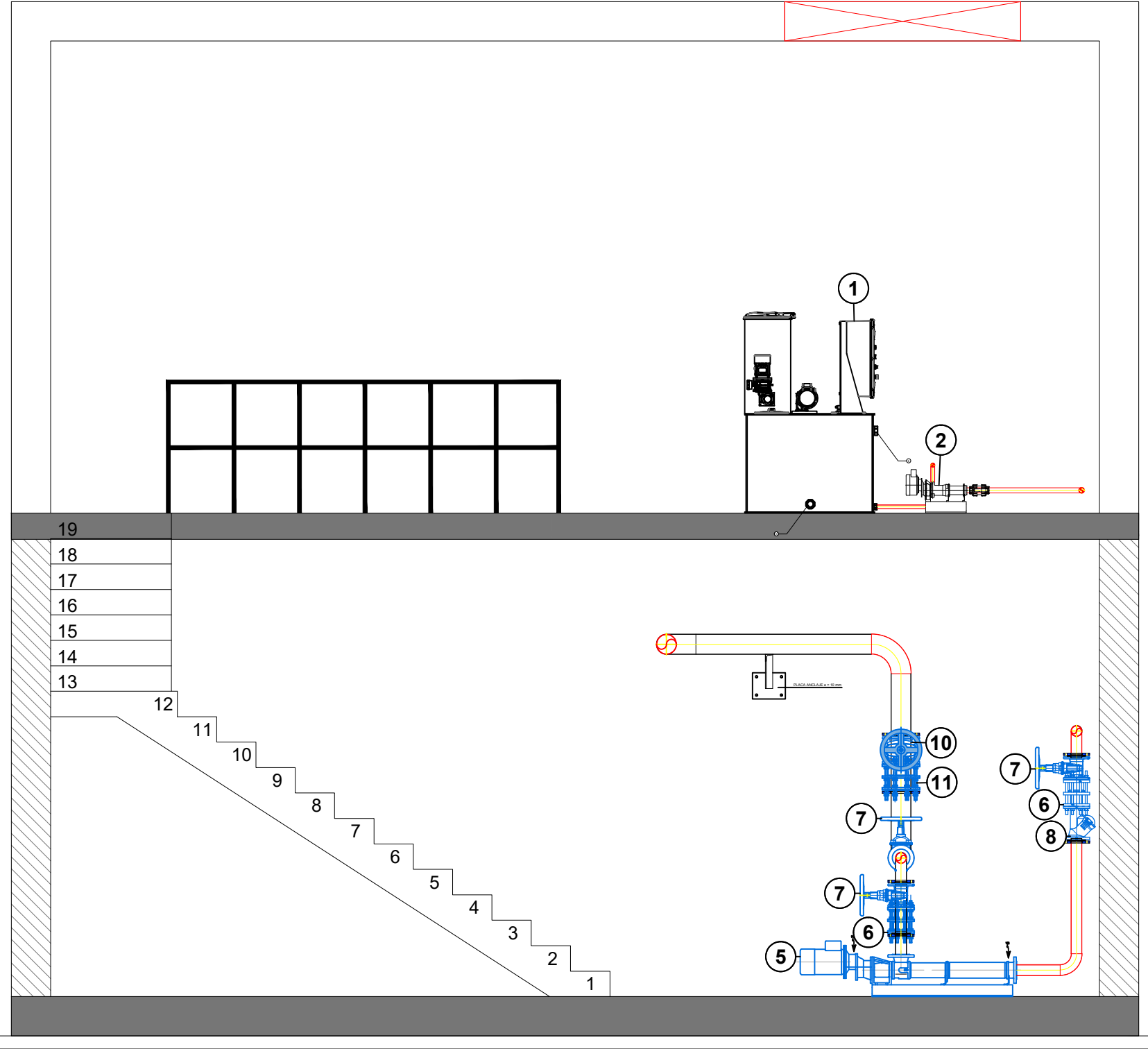
LEYENDA:

1. DOSIFICACIÓN DE POLI
2. BOMBA DOSIFICADORA DE POLI
3. TANQUE DE MEZCLA
4. ESPESADOR MECÁNICO
5. BOMBA DE FANGOS A DIGESTIÓN (2+1 UDS.)
6. CARRETE DESMONTAJE DN80 (7 UDS)
7. VÁLVULA DE COMPUERTA DN80 (7 UDS)
8. VÁLVULA ANTIRETORNO DE BOLA DN80 (3 UDS)
9. CAUDALIMETRO
10. VALVULA DE COMPUERTA DN150 (1UD)
11. CARRETE DESMONTAJE DN150 (1UD)



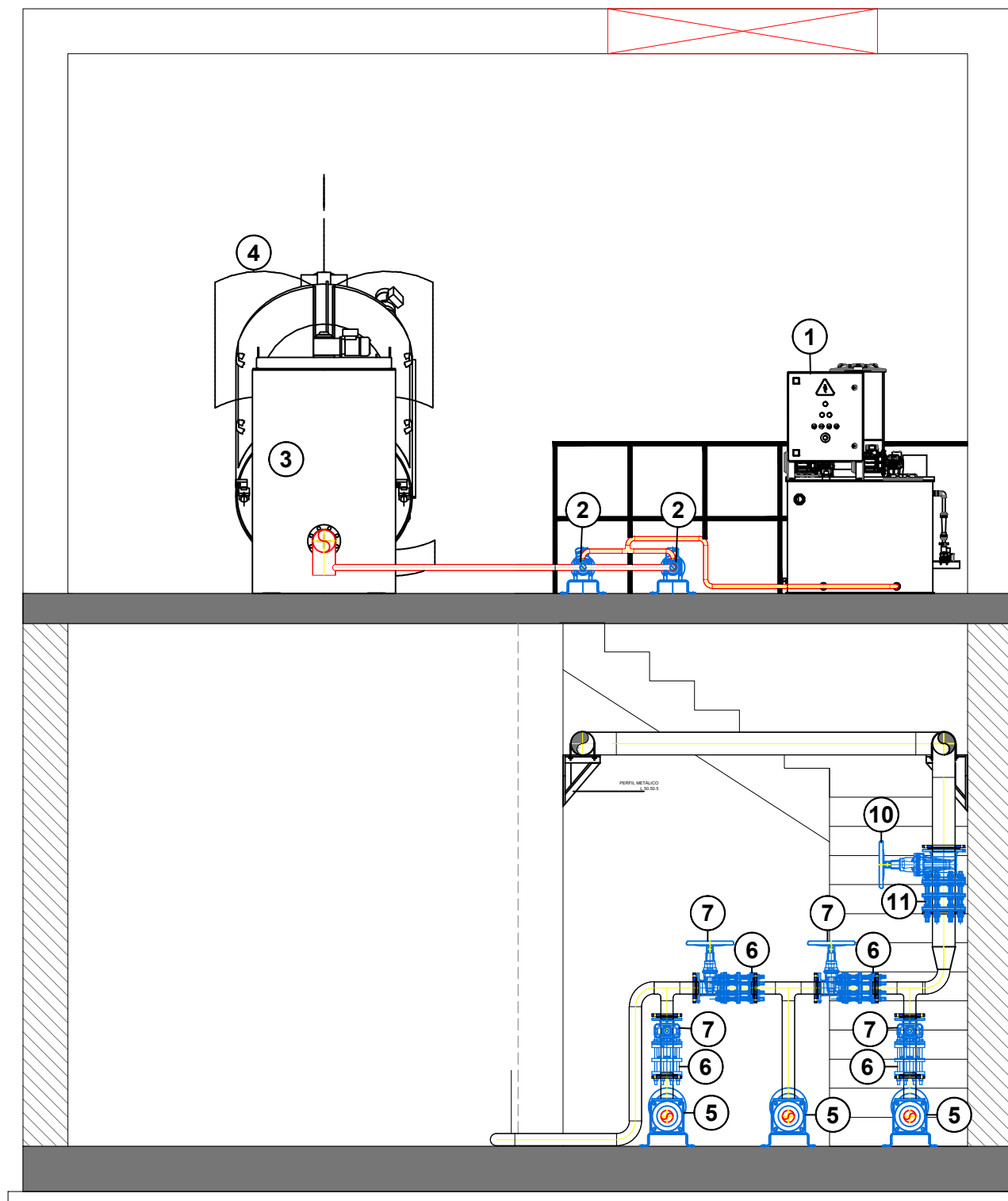
SECCION B-B'

- LEYENDA:
- 1. DOSIFICACIÓN DE POLI
 - 2. BOMBA DOSIFICADORA DE POLI
 - 3. TANQUE DE MEZCLA
 - 4. ESPESADOR MECÁNICO
 - 5. BOMBA DE FANGOS A DIGESTIÓN (2+1 UDS.)
 - 6. CARRETE DESMONTAJE DN80 (7 UDS)
 - 7. VÁLVULA DE COMPUERTA DN80 (7 UDS)
 - 8. VÁLVULA ANTIRETORNO DE BOLA DN80 (3 UDS)
 - 9. CAUDALIMETRO
 - 10. VALVULA DE COMPUERTA DN150 (1UD)
 - 11. CARRETE DESMONTAJE DN150 (1UD)



SECCION C-C'

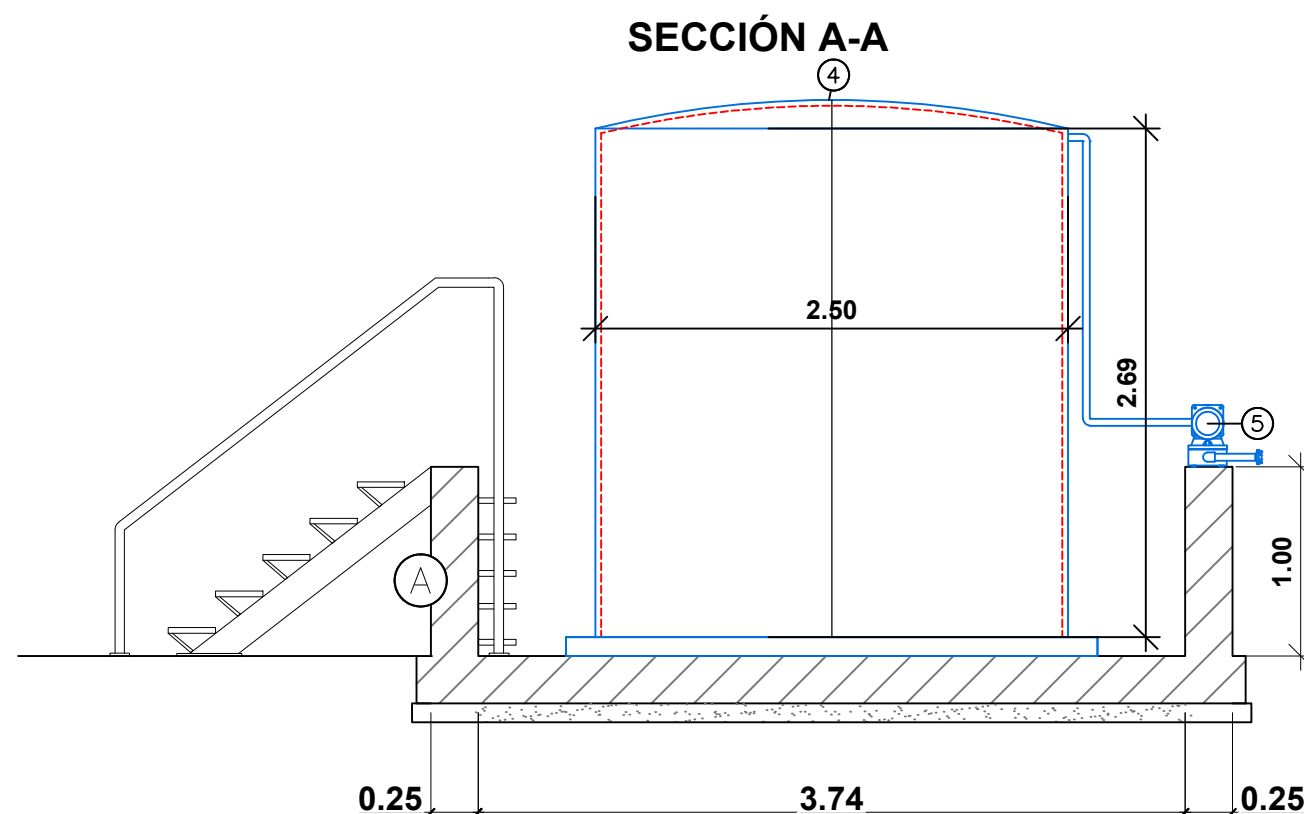
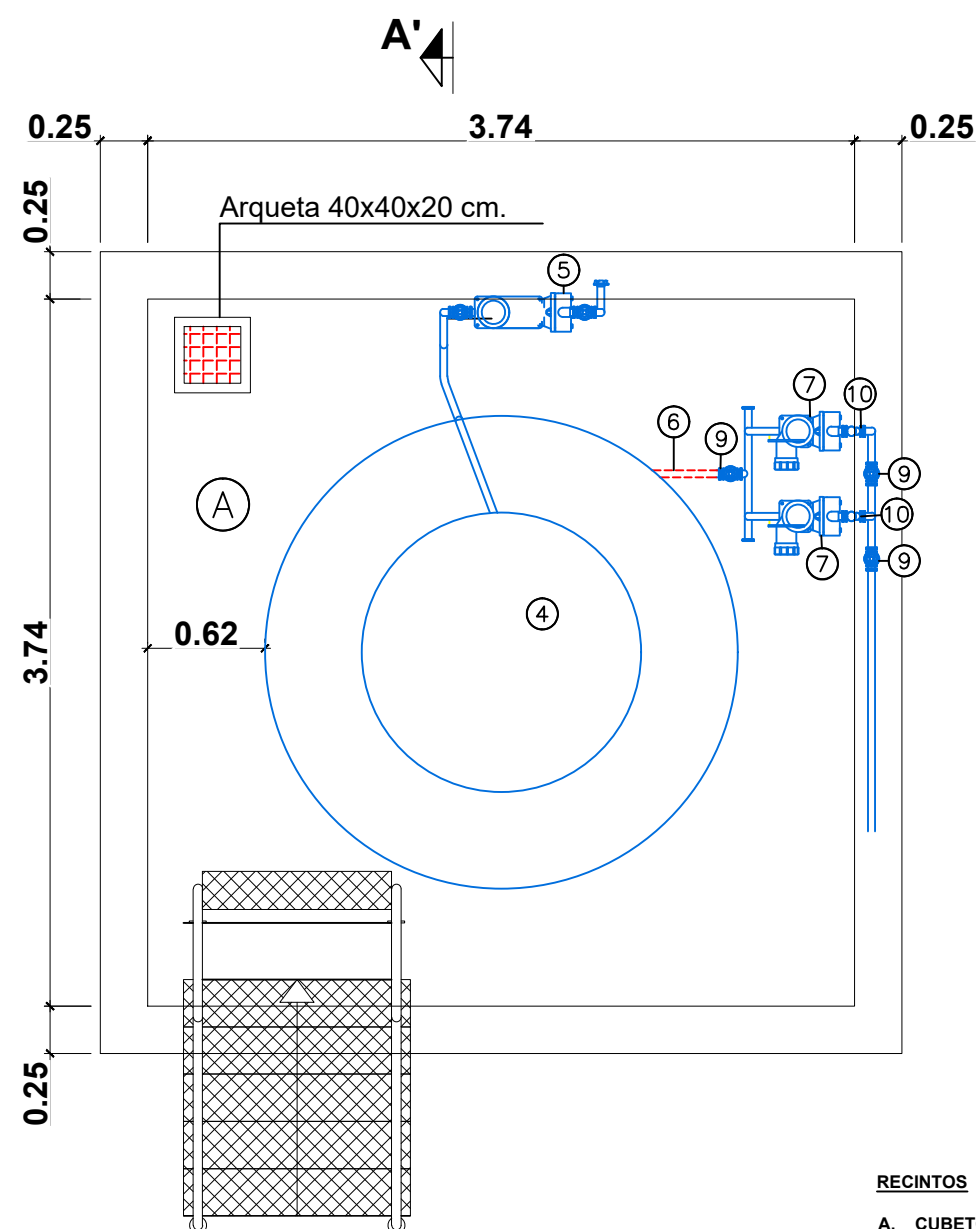
- LEYENDA:
- 1. DOSIFICACIÓN DE POLI
 - 2. BOMBA DOSIFICADORA DE POLI
 - 3. TANQUE DE MEZCLA
 - 4. ESPESADOR MECÁNICO
 - 5. BOMBA DE FANGOS A DIGESTIÓN (2+1 UDS.)
 - 6. CARRETE DESMONTAJE DN80 (7 UDS)
 - 7. VÁLVULA DE COMPUERTA DN80 (7 UDS)
 - 8. VÁLVULA ANTIRETORNO DE BOLA DN80 (3 UDS)
 - 9. CAUDALIMETRO
 - 10. VALVULA DE COMPUERTA DN150 (1UD)
 - 11. CARRETE DESMONTAJE DN150 (1UD)



SECCION D-D'

LEYENDA:

1. DOSIFICACIÓN DE POLI
2. BOMBA DOSIFICADORA DE POLI
3. TANQUE DE MEZCLA
4. ESPESADOR MECÁNICO
5. BOMBA DE FANGOS A DIGESTIÓN (2+1 UDS.)
6. CARRETE DESMONTAJE DN80 (7 UDS)
7. VÁLVULA DE COMPUERTA DN80 (7 UDS)
8. VÁLVULA ANTIRETORNO DE BOLA DN80 (3 UDS)
9. CAUDALIMETRO
10. VALVULA DE COMPUERTA DN150 (1UD)
11. CARRETE DESMONTAJE DN150 (1UD)



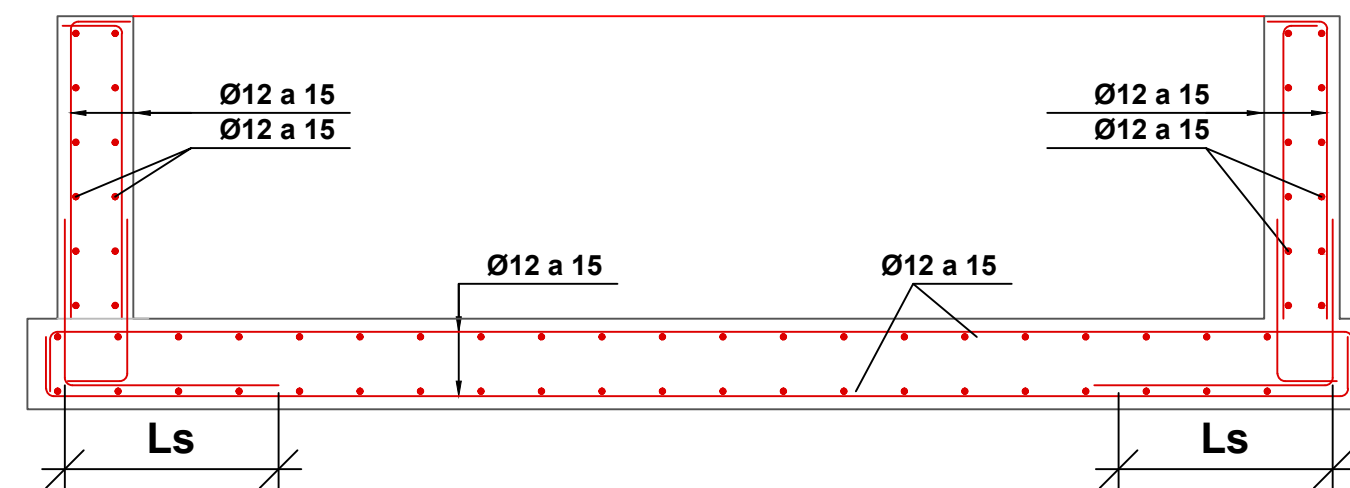
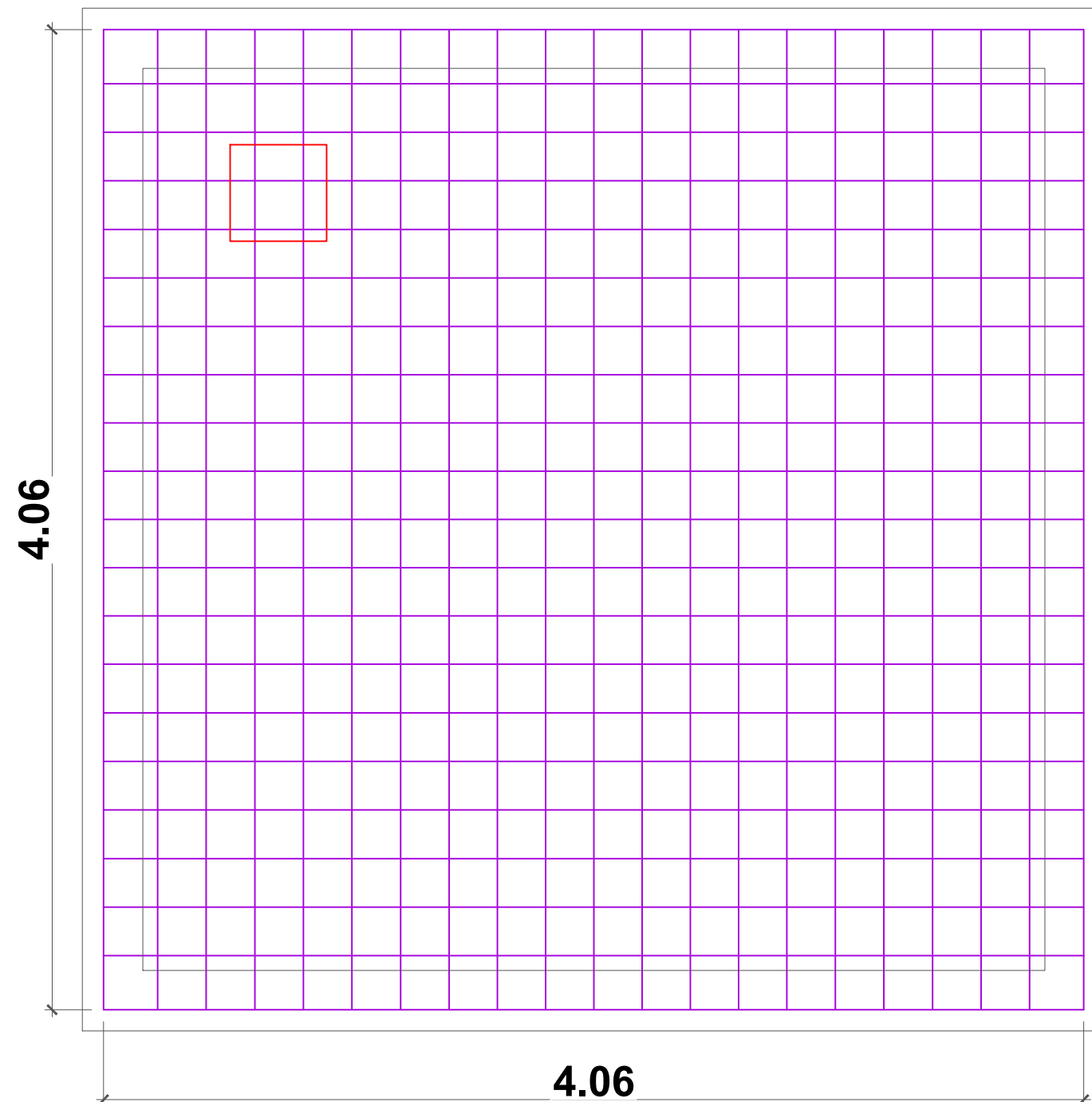
RECINTOS

A. CUBETO DE SEGURIDAD

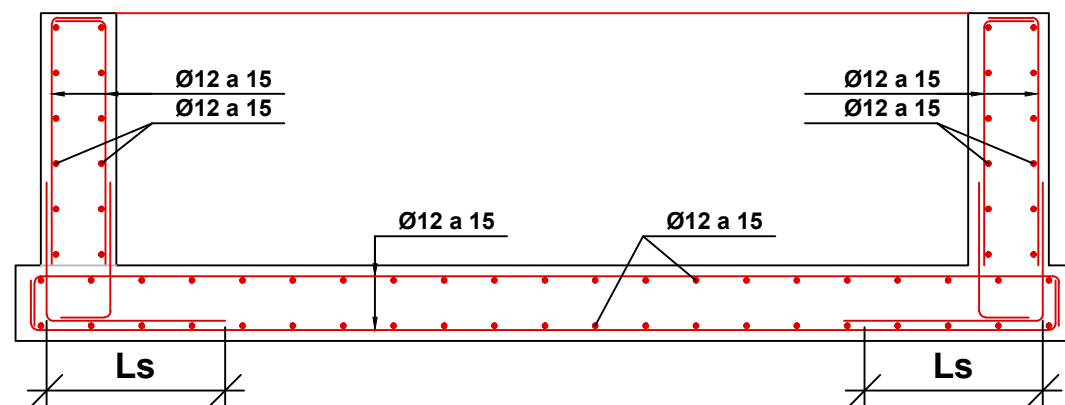
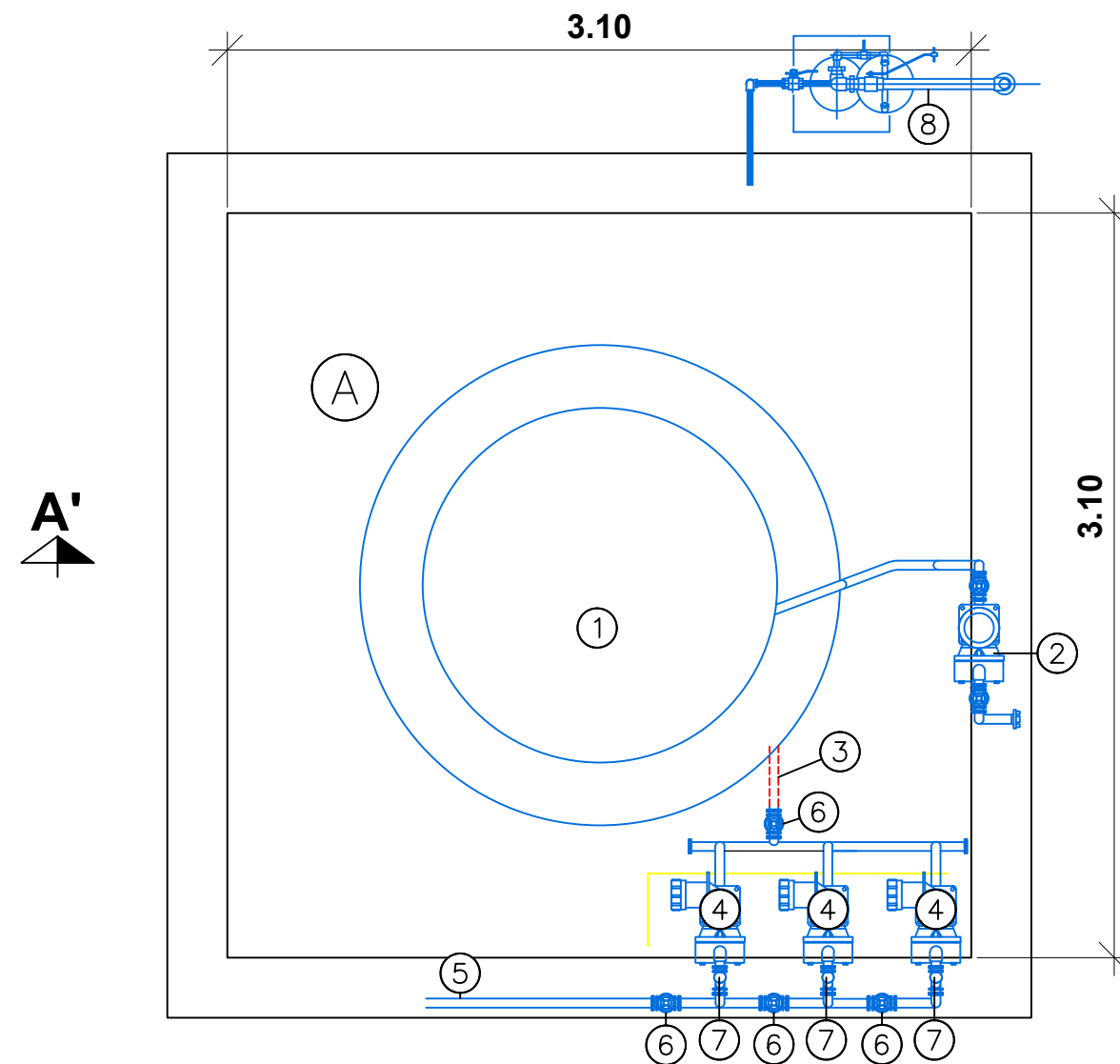
DETALLES DE EQUIPOS

1. VÁLVULA DE BOLA DN 65 (1 UDS)
2. VÁLVULA DE BOLA DN 50 (3 UDS)
3. VÁLVULA DE RETENCIÓN DN 50
4. DEPÓSITO DE SOSA 10 m³
5. BOMBA DE TRASIEGO Q= 5 m³/h (1 UDS)
6. ASPIRACIÓN DE SOSA DN 25
7. BOMBAS DOSIFICADORAS DE SOSA 200 l/h (2 Uds)
8. DOSIFICACIÓN DE SOSA A ALIMENTACIÓN DIGESTOR DN 25
9. VÁLVULA DE BOLA DN25
10. VÁLVULA DE RETENCIÓN DN 25 (2 Uds)

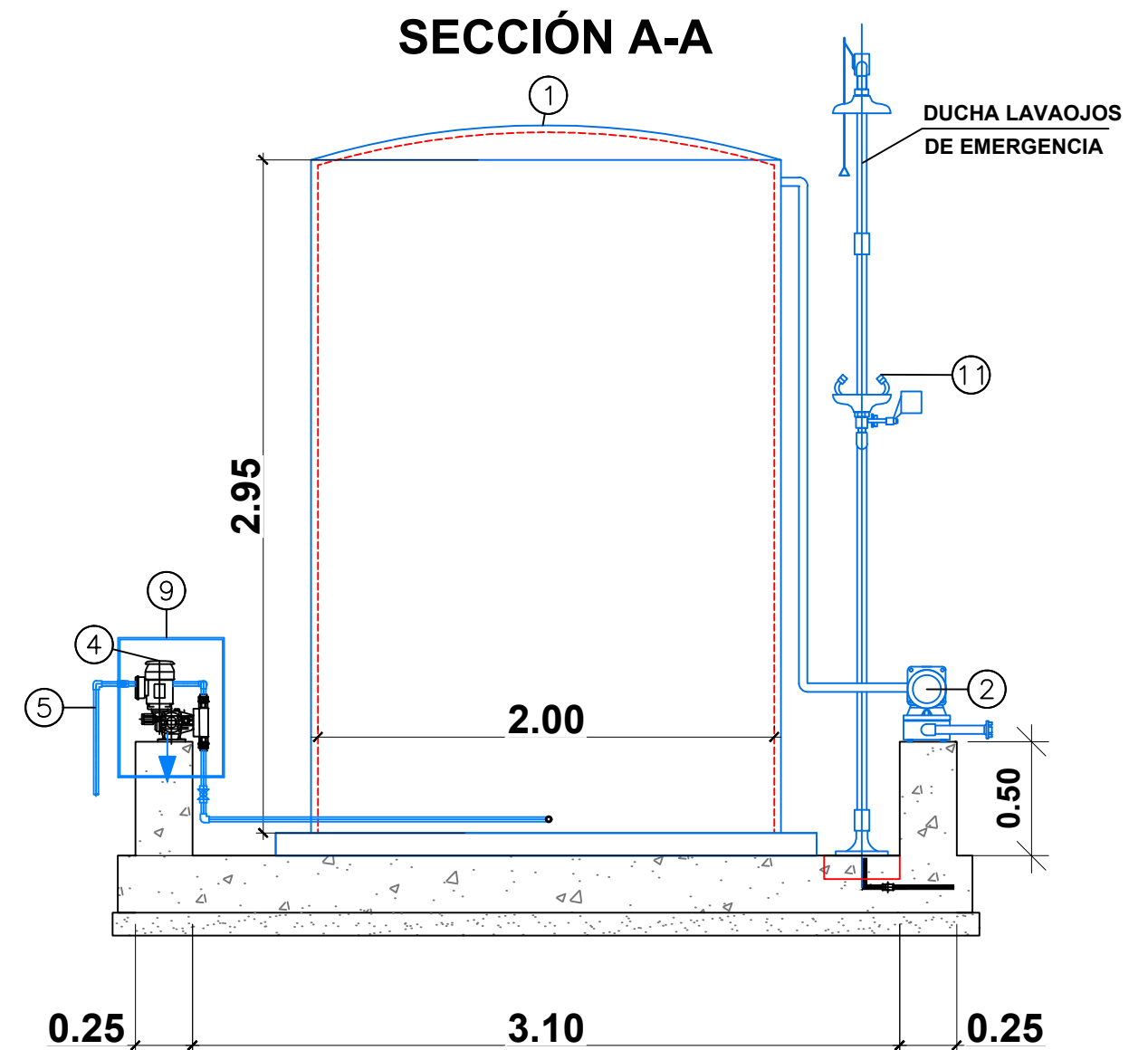
PLANTA ARMADO



CUBETA DE SEGURIDAD ARMADO



**CUBETA DE SEGURIDAD
ARMADO**



RECINTOS

A. CUBETO DE SEGURIDAD

DETALLES DE EQUIPOS

1. DEPÓSITO DE CLORURO FERRICO 8 m³
2. BOMBA DE TRASIEGO Q= 20 m³/h (1 UDS)
3. ASPIRACIÓN DE CLORURO FERRICO DN 25
4. BOMBAS DOSIFICADORAS DE ClFe 20 l/h (3 Uds)
5. DOSIFICACIÓN DE ClFe A ALIMENTACIÓN DIGESTOR DN 25
6. VÁLVULA DE BOLA DN25
7. VÁLVULA DE RETENCIÓN DN 25 (2 Uds)
8. DUCHA LAVAOJOS
9. MAMPARA DE METACRILATO

DOCUMENTO N° 3 : PRESUPUESTO

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Página 3

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	da Combiflex consiste en una banda flexible e impermeable de Haypalon, bandas flexibles de polietileno clorosulfurado sin armadura y el adhesivo para su fijado Sikadur Combiflex Adhesivo, adhesivo estructural de dos componentes a base de resinas epoxi y cargas especiales, que no contiene disolventes, es tixotrópico y tolera cierta humedad. Dicha sellado será de 15 cm. De ancho									HORM304	M3 HORMIGÓN HA-30-F-20-XD2 + XA2 EN RECONSTRUCCION DIGESTOR								
	fuste-cupula	1	3,14	14,00							SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE HORMIGÓN PARA ARMAR HA-30-B-20-IV+Qb EN RECONSTRUCCION DEL DIGESTOR	4	0,80	0,80	0,70		1,79		
	fuste-solera	1	3,14	14,00							PASAMUROS								
	parte inclinada cupula-parte plana	1	3,14	4,11													1,79	215,61	385,94
	uniones quesitos cupula	19	6,59																
							226,04	47,70	10.782,11		HORM9502	M2 ENCOFRADO PARAMENTOS CURVOS							
	Impermeabilización cubierta con sistema de poliuretano que consta de una capa de imprimación del producto SIKALASTIC CONCRETE PRIMER en una dotación de 0,3 kg/m² y dos capas de terminación del producto SIKALASTIC 612 con un consumo total de 2 kg/m², en el que se embeberá una malla de fibra de vidrio SIKA REEMAT STANDARD. Suministro y aplicación de una capa de sellado del										Encofrado curvo y desencofrado en muros, con paneles metálicos modulares considerando 20 posturas. i.p.p de separadores. Según NTE, EHE-08 y CTE-SE-C	4	2,000	0,800	0,800		5,120		
	producto resistente a los rayos UV Sikalastic 641 TC, en una dotación de 0,4 kg/m2.																5,12	69,53	355,99
											EN003	MI PERFIL HIDROEXPANSIVO 20X5 MM, JUNTAS HORMIGON.							
											Perfil hidroexpansivo de 20x5 mm de sección mínima para la impermeabilización de juntas de hormigonado, pegado o clavado al hormigón de 1ª fase ya endurecido.	4	4,00	0,80			12,80		
	EXTERIOR CUPULA										PASAMUROS								
	area lateral cono	1	191,75														12,80	21,33	273,02
	parte plana superior	3,14	2,25	2,25															
							207,65	46,64	9.684,80										
TOTAL APARTADO 01.03.01 IMPERMEABILIZACION									111.313,29	TOTAL APARTADO 01.03.03 APERTURA Y HORMIGONADO DE									4.534,67
APARTADO 01.03.02 AISLAMIENTO TÉRMICO										APARTADO 01.03.04 MEDIOS AUXILIARES									
CHAP AIS	M2 CHAPA ALUMINIO ONDULADA 0,8 MM									ANDAMIO	U MONTAJE Y DESMONTAJE ANDAMIO TUBULAR								
	FUSTE	3,14	15,400	9,700							Suministro montaje y desmontaje de andamio para el volumen completo del digestor, con varios pisos de trabajo distribuiods a modeo de bancadas., con uan distancia de 2 m entre ellas. Incluso plan de montaje RD.2177, certificado de uso y disponibilidad.	1					1,00		
	CUPULA	1	190,000																
							659,05	70,28	46.318,03								1,00	42.400,00	42.400,00
LIURETANO	m2 PROYECTADO DE POLIURETANO									ALQAND	DIA ALQUILER DIARIO ANDAMIO TUBULAR MODULAR								
	Aislamiento térmico formado por espuma rígida de poliuretano proyectado de 40 mm de espesor mínimo, 50 kg/m³ de densidad mínima, aplicado directamente sobre el paramento mediante proyección mecánica.										Alquiler diario de andamio metálico para el volumen completo del digestor, con varios pisos de trabajo distribuiods a modeo de bancadas., con uan distancia de 2 m entre ellas. Alquiler día natural, incluido festivos	90					90,00		
	FUSTE	3,14	15,400	9,700															
	CUPULA	1	190,000														90,00	178,08	16.027,20
							659,05	15,86	10.452,53										
TOTAL APARTADO 01.03.02 AISLAMIENTO TÉRMICO									56.770,56	TOTAL APARTADO 01.03.04 MEDIOS AUXILIARES									58.427,20
APARTADO 01.03.03 APERTURA Y HORMIGONADO DE PASAMUROS										TOTAL SUBCAPÍTULO 01.03 ACTUACION EN DIGESTOR									231.045,72
HUECOERTU	M2 APERTURA DE HUECO EN MURO DE 70 CM MEDIANTE HIDROCORTE																		
	Apertura de hueco en fuste del digestor de hormigon armado de 70 cm de espesor.																		
	PASAMUROS ENTRADA GASMIX	4	0,80	0,80															
							2,56	894,42	2.289,72										
CB500S_	kg ACERO B500S																		
	Acero corrugado B500S para elementos de hormigón armado, incluso corte, colocación y atado. Según EHE-08.																		
	REFUERZO PASAMUROS	4	150,000																
							600,00	2,05	1.230,00										

PRESUPUESTO. Página 5

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.04 REPARACIÓN ESPESADOR Y										79.151,22									
SUBCAPÍTULO 01.05 EDIFICIO ROTOTAMIZ																			
CEXC_	m3 EXCAVACIÓN EN CUALQUIER CLASE DE TERRENO																		
EXCAVACIÓN EN DESMONTE EN CUALQUIER CLASE DE TERRENO EXCEPTO ROCA																			
		1	4,600	5,600	0,200	5,152													
							5,15	6,14	31,62										
CHM20L_	m3 HORMIGÓN HM-20/P/40/I EN LIMPIEZA																		
Hormigón en masa tipo HM-20/P/40/I, en limpieza, vertido con camión, incluso vibrado y curado, totalmente colocado.																			
		1	3,430	4,100	0,100	1,406													
							1,41	116,29	163,97										
CHA301_	m3 HORMIGÓN TIPO HA-30/F/20/XD2+XA2																		
HORMIGON PARA ARMAR TIPO HA-30/F/20/XD2+XA2. ELABORADO, TRANSPORTADO Y PUESTO EN OBRA, INCLUSO PARTE PROPORCIONAL DE LIMPIEZA DE FONDOS, VERTIDO, VIBRADO, CURADO, PASOS DE TUBERÍA, RESERVAS NECESARIAS Y EJECUCIÓN DE JUNTAS; CONSTRUÍDO SEGÚN EHE-08. MEDIDO EL VOLUMEN TEÓ-RICO EJECUTADO.																			
		1	3,230	3,700	0,300	3,585													
							3,59	171,65	616,22										
CB500S_	kg ACERO B500S																		
Acero corrugado B500S para elementos de hormigón armado, incluso corte, colocación y atado. Según EHE-08.																			
	solera	1	3,590		110,000	394,900													
							394,90	2,05	809,55										
EBC680aaa_	m2 ENCOFRADO EMPLEADO EN CIMIENTOS																		
Encofrado empleado en cimientos, incluido montaje, desmontaje, p.p de molduras, sellado de juntas, limpieza y humectación antes de hormigonado																			
		2	3,230		0,300	1,938													
		1	3,700		0,300	1,110													
							3,05	22,48	68,56										
ECVSOKILO	kg KILOS DE ACERO AL CARBONO																		
Acero en Soportes Construidos a base de Perfiles Laminados y Chapa de acero, con anclajes, abrazaderas, etc.																			
Materiales: Acero A-42b.																			
Abrazaderas: Acero F-112.																			
Tornillería: DIN 931-934/975 calidad 5.6 cincada.																			
Unidad Instalada, probada y funcionando.																			
		1	50,000			50,000													
							50,00	9,61	480,50										
LAC01	M2 FORJADO DE PLACA ALVEOLAR 15 CM																		
Losa de placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado, de canto 15 + 5 cm y 62,19 kN·m/m de momento flector último, apoyada directamente; relleno de juntas entre placas alveolares, zonas de enlace con apoyos y capa de compresión de hormigón armado, realizados con hormigón																			

								</											

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	g/m²); capa de protección: 10 cm de canto rodado de 16 a 32 mm de diámetro.	1	9,700			9,700			
11APW00012	m2 PUERTA ACABADO PANEL TIPO SANDWICH Puerta abatible de dos hojas con perfiles de acero soldados entre si, juego de herrajes de colgar y acabado con panel tipo sandwich en color blanco, apertura manual, cerradura y tirador a dos caras, elaborada en taller, ajuste y fijación en obra, acabado con capa de pintura epoxi polimerizada al horno.	1		1,600	2,500	4,000	9,70	105,18	1.020,25
13IPP00001	m2 PINTURA PLASTICA LISA SOBRE LADR DE PINTURA PLASTICA LISA SOBRE PARAMENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES DE LADRILLO, YESO O CEMENTO, FORMADA POR: LIJADO Y LIMPIEZA DEL SOPORTE, MANO DE FONDO, PLASTECIDO, NUEVA MANO DE FONDO Y DOS MANOS DE ACABADO; SEGUN NTE/RPP-24. MEDIDA LA SUPERFICIE EJECUTADA.	1	9,700			9,700	4,00	257,07	1.028,28
	techo	1	58,040			58,040			
JUNTA1	MI SELLADO DE JUNTA CON MASILLA POLIURETANO Sellado de junta con masilla elastómera monocomponente a base de poliuretano, de color gris.	2	3,10			6,20	67,74	7,95	538,53
		1	3,40			3,40			
MEPOXI	ud ACERO EN BARRAS CORRUGADAS TIPO B500S CON EPOXI A MURO EXISTENTE Anclaje en muro existente de hormigón, de barra corrugada de acero UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro, con resina epoxi, libre de estireno, aplicada con pistola manual o neumática, con boquilla de dosificación y mezcla automática, colocada en taladro de 22 mm de diámetro y 350 mm de profundidad.	2	23,00			46,00	9,60	13,53	129,89
CBM_	m BARANDILLA DE ACERO INOXIDABLE Barandilla en acero inoxidable AISI 316 en su color formada por: bastidor con doble barandal en tubo de 50x50 mm entrepaño de barrotes en tubo de 50x30 mm y anclajes a elementos de fábrica o forjados, incluso p.p. de material de agarre y colocación. Medida la longitud ejecutada.	1	10,600			10,600	46,00	15,56	715,76
							10,60	139,99	1.483,89
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.05 EDIFICIO ROTOTAMIZ									13.160,10
0208	SUBCAPÍTULO 01.06 TUBERIAS DE PROCESO. LINEA DE FANGOS- OBRA CIVIL M3 EXCAV.ZANJA TIERRAS EXCAVACIÓN EN ZANJA O POZO EN CUALQUIER CLASE DE TERRENO (EXCEPTO ROCA), POR MEDIOS MECÁNICOS, INCLUSO RETIRADA Y CARGA DE PRODUCTOS SIN TRANSPORTE.	1	20,0000	0,8000	1,0000	16,0000			
	FANGOS A DIGESTION						16,00	6,36	101,76
0220	M3 ARENA ASIENTO TUBERÍAS EXTENSIÓN Y PUESTA A MANO DE ARENA SELECCIONADA PARA ASIENTO DE TUBERIAS EN ZANJA.	1	20,0000	0,8000	1,0000	16,0000			
0216	M3 TRANSPORTE VERTEDERO TRANSPORTE A VERTEDERO DE PRODUCTOS SOBRANTES DE EXCAVACIÓN Y FUERA DE OBRA A 15 KM. DE DISTANCIA.	1	20,0000	0,8000	1,0000	16,0000	16,00	23,75	380,00
N011	ML Conducción PEAD PE100 DIÁM. 110 mm PN-10 Conducción de polietileno de alta densidad, diámetro DN110 mm , clase PE100 PN-10, incluso p.p. de soldadura a tope de juntas y prueba en zanja a presión normalizada. Medida longitud instalada y probada.						16,00	7,95	127,20
	bombeo de fangos mixtos a digestion enterrado	1	20,00			20,00			
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.06 TUBERIAS DE PROCESO. LINEA									1.059,76
CHM20L_	SUBCAPÍTULO 01.07 DEPOSITO ALMACENAMIENTO DE CLORURO FERRICO m3 HORMIGÓN HM-20/P/40/I EN LIMPIEZA Hormigón en masa tipo HM-20/P/40/I, en limpieza, vertido con camión, incluso vibrado y curado, totalmente colocado.	1	4,200	4,200	0,100	1,764			
CHA301_	m3 HORMIGÓN TIPO HA-30/F/20/XD2+XA2 HORMIGON PARA ARMAR TIPO HA-30/F/20/XD2+XA2. ELABORADO, TRANSPORTADO Y PUESTO EN OBRA, INCLUSO PARTE PROPORCIONAL DE LIMPIEZA DE FONDOS, VERTIDO, VIBRADO, CURADO, PASOS DE TUBERÍA, RESERVAS NECESARIAS Y EJECUCIÓN DE JUNTAS; CONSTRUÍDO SEGÚN EHE-08. MEDIDO EL VOLUMEN TEÓRICO EJECUTADO.	1	4,200	4,200	0,100	1,764	1,76	116,29	204,67
	cimentacion	2	3,100	0,250	0,500	0,775			
	alzados	2	3,600	0,250	0,500	0,900			
CB500S_	kg ACERO B500S Acero corrugado B500S para elementos de hormigón armado, incluso corte, colocación y atado. Según EHE-08.	1	110,000	3,610		397,100	3,44	171,65	590,48
		1	110,000	1,680		184,800			
EBC680aaa_	m2 ENCOFRADO EMPLEADO EN CIMENTOS Encofrado empleado en cimientos, incluido montaje, desmontaje, p.p de molduras, sellado de juntas, limpieza y humectación antes de hormigonado	4	3,800	0,250		3,800	581,90	2,05	1.192,90

	CÓDIGO PRECIO	RESUMEN IMPORTE	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD		CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	0403	M2 ENCOFRADO RECTO MUROS ENCOFRADO RECTO EN MUROS, INCLUSO DESENCOFRADO. 4 3,1000 0,5000 6,2000 4 3,6000 0,5000 7,2000					3,80	22,48	85,42	EN003	MI PERFIL HIDROEXPANSIVO 20X5 MM, JUNTAS HORMIGON. Perfil hidroexpansivo de 20x5 mm de sección mínima para la impermeabilización de juntas de hormi- gonado, pegado o clavado al hormigón de 1ª fase ya endurecido. 4 3,80 15,20						28,40	34,95	992,58
	EN003	MI PERFIL HIDROEXPANSIVO 20X5 MM, JUNTAS HORMIGON. Perfil hidroexpansivo de 20x5 mm de sección mínima para la impermeabilización de juntas de hormi- gonado, pegado o clavado al hormigón de 1ª fase ya endurecido. 4 3,60 14,40					13,40	34,95	468,33	ARQE	ud ARQUETA REBAJE SOLERA Arqueta de diemnesiones 40 x 40 x 20 ejecutada mediante rebaje en solera, con tapa de tramex. 1 1,00						15,20	21,33	324,22
							14,40	21,33	307,15	E0102MAIA140	m ESCALERA DE ACERO GALVANIZADO, PELDAÑO DE TRAMEX Escalera de perfiles de acero galvanizado con peldaño de tramex . i.p.p. de replanteos, fijaciones y colocación. 1 1,600 1,600						1,00	169,60	169,60
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.07 DEPOSITO ALMACENAMIENTO									2.848,95										
	CHM20L_	SUBCAPÍTULO 01.08 DEPOSITO ALMACENAMIENTO DE SOSA																	
		m3 HORMIGÓN HM-20/P/40/I EN LIMPIEZA Hormigón en masa tipo HM-20/P/40/I, en limpieza, vertido con camión, incluso vibrado y curado, totalmente colocado. 1 4,400 4,400 0,100 1,936								CBM_	m BARANDILLA DE ACERO INOXIDABLE Barandilla en acero inoxidable AISI 316 en su color formada por: bastidor con doble barandal en tubo de 50x50 mm entrepaño de barrotes en tubo de 50x30 mm y anclajes a elementos de fábrica o forja- dos, incluso p.p. de material de agarre y colocación. Medida la longitud ejecutada. 2 1,600 3,200						1,60	150,42	240,67
	CHA301_	m3 HORMIGÓN TIPO HA-30/F/20/XD2+XA2 HORMIGON PARA ARMAR TIPO HA-30/F/20/XD2+XA2. ELABORADO, TRANSPORTADO Y PUESTO EN OBRA, INCLUSO PARTE PROPORCIONAL DE LIMPIEZA DE FONDOS, VERTIDO, VIBRADO, CURADO, PASOS DE TUBERÍA, RESERVAS NECESARIAS Y EJECUCIÓN DE JUNTAS; CONSTRUÍDO SEGÚN EHE-08. MEDIDO EL VOLÚMEN TEÓ- RICO EJECUTADO. cimentacion 1 4,000 4,000 0,250 4,000 alzados 2 3,300 0,250 1,000 1,650 2 3,800 0,250 1,000 1,900					1,94	116,29	225,60	ECVSOKILO	kg KILOS DE ACERO AL CARBONO Acero en Soportes Construidos a base de Perfiles Laminados y Chapa de acero, con anclajes, abrazaderas, etc. Materiales: Acero A-42b. Abrazaderas: Acero F-112. Tornillería: DIN 931-934/975 calidad 5.6 cincada. Unidad Instalada, probada y funcionando. 1 50,000 50,000						3,20	139,99	447,97
	CB500S_	kg ACERO B500S Acero corrugado B500S para elementos de hormigón armado, incluso corte, colocación y atado. Se- gún EHE-08. 1 110,000 4,000 440,000 1 110,000 3,550 390,500					7,55	171,65	1.295,96								50,00	9,61	480,50
	EBC680aaa_	m2 ENCOFRADO EMPLEADO EN CIMIENTOS Encofrado empleado en cimientos, incluido montaje, desmontaje, p.p de molduras, sellado de juntas, limpieza y humectación antes de hormigonado 4 4,000 0,250 4,000					830,50	2,05	1.702,53	020204	SUBCAPÍTULO 01.09 URBANIZACION m BORDILLO CALZ. C5 15X25, BICAPA R6 Bordillo bicapa de hormigón de sección C5 15x25 y clase resistente R6 según Norma UNE127025:1999 incluso cama de asiento de hormigón de 12,5 N/mm2 de resitencia característica. reposicion zanja tub fangos 2 1,50 3,00								
	0403	M2 ENCOFRADO RECTO MUROS ENCOFRADO RECTO EN MUROS, INCLUSO DESENCOFRADO. 4 3,3000 1,0000 13,2000 4 3,8000 1,0000 15,2000					4,00	22,48	89,92	020207	m2 REPOSICION DE PAVIMENTO Reposición de paviemto en zanja con 20 cm de zahorra y pavimentos de 20 cm de hormigón 1 13,00 1,50 19,50						3,00	19,15	57,45

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE		
0A01001	m2 DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGON Demolición de pavimento de hormigón previo corte de la zanja incluso pp de bordillo, mediante retro-excavadora con martillo rompedor, y carga mecánica de escombros sobre camión o contenedor.	1	13,000	1,500		19,500	19,50	159,00	3.100,50	VALD19	CAPÍTULO 2 EQUIPOS MECANICOS SUBCAPÍTULO 02.01 DIGESTION ANAEROBICA DE FANGOS APARTADO 02.01.01 SEGURIDAD UD VÁLVULA DE PRESIÓN/VACÍO CON APAGALLAMAS FINAL DE LÍNEA DN80 Válvula de presión/vacío con apagallamas final de línea a prueba de deflagraciones MARCA: MSP o equivalente Presión de disparo: +35,00 mbar • Caudal a la presión de diseño: 590 m³/h • Presión de diseño: + 38,50 mbar Presión negativa: - 5,00 mbar • Caudal a la presión de diseño: 350 m³/h • Presión de diseño: - 5,5 mbar • Brida de conexión DN: 80 DIN EN 1092-1 PN16 forma B1 Materiales: • Cuerpo: Aluminio (A356/AC-44200) • Asiento válvula: 316 SS/1.4571 • Cubierta: Aluminio (EN AW-6082) • Junta: PTFE • Recubrimiento: Aluminio • Elemento apagallamas: 1.4408 / 1.4310 • Válvula sobre presión: 316 SS/1.4571 • Válvula vacío: 316 SS/1.4571 • Sello: metálico Certificación: IBExU00ATEX2062X • Grupo de explosión: IIB3 • Máxima temperatura de operación: 60° C										
0801001	UD MARQUESINA DE PROTECCION ESPESADOR MECANICO Marquesina de proteccion de espesador mecánico, construida segun planos, incluye cimentación. Incluidos medios y materiales auxiliares, totalmente instalada.	1				1,00	19,50	21,72	423,54												
							1,00	15.900,00	15.900,00												
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.09 URBANIZACION							19.481,49														
011001	SUBCAPÍTULO 01.10 VARIOS PA PARTIDA ALZADA A JUSTIFICAR EN SERVICIOS AFECTADOS	1				1,00															
011002	PA PARTIDA ALZADA A JUSTIFICAR EN JARDINERÍA	1				1,00		3.180,00	3.180,00												
011003	PA PARTIDA ALZADA A JUSTIFICAR EN LIMPIEZA Y PINTURA	1				1,00		1.590,00	1.590,00												
							1,00	4.240,00	4.240,00				1					1,00			
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.10 VARIOS							9.010,00				VAL20	UD VALVULA MARIPOSA DN80 V. mariposa, wafer, DN80, GGG-40, disco AISI316, PN10/16 Válvula de mariposa concéntrica la Serie Desponia D1 marca AVK, o similar, de DN150, en PN 10/16, tipo WAFER según UNE-EN 593, serie básica 20 según UNE-EN 558, con cuerpo en fundición dúctil EN-GJS-400 (GGG-40), con disco en acero inoxidable AISI 316, con junta de cierre en NBR, eje de acero inoxidable AISI 316, con recubrimiento en epoxi espesor mínimo 100 micras aplicada electrostáticamente en azul RAL 5017, probada hidráulicamente según UNE EN 1074 y EN 12266. Con Certificado de Producto y marcada según UNE-EN19.									
TOTAL CAPÍTULO 1 OBRA CIVIL							390.236,34					entre valvula sobrepresion y cierre hidraulico	1					1,00			
																		1,00	616,09	616,09	
											TOTAL APARTADO 02.01.01 SEGURIDAD							4.750,09			

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
APARTADO 02.01.02 ENTRADA DE FANGOS																				
CJTO12	ud CONJUNTO DE TUBERIAS DE ENTRADA FANGOS DIGESTION DN80										y funcionamiento en seco. Clase de protección IP 68 y aislamiento clase H. La protección con sondas térmicas limita la temperatura a 140 °C, lo que permite aumentar la vida útil del motor. Sistema de refrigeración mediante glicol + agua en camisa cerrada (opcional para motores PE3) y libre circulación del medio para motores PE1 y PE2. El motor es apto para servicio continuo en la zona indicada por su curva característica. Ejecución compacta con eje de una sola pieza.									
	Conjunto de tuberías de impulsión de entrada fangos a digestion DN80 segun trazado en planos										Datos nominales del motor:									
	Conjunto de uniones, juntas y tornillos. Construcción: Mediante soldadura Material: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Material accesorios: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Norma: Milimétricos/ ISO 1127 Accesorios: Curvas: Milimétricos/ ISO. Reducciones: Milimétricos/ ISO. Bridas: Aluminio DIN 2642 PN10 Acabado: Decapado.										Potencia nominal en el eje P2: 3 kW Potencia nominal consumida de red P1: 3,39 kW Tensión de servicio: 400 V Frecuencia: 50 Hz Intensidad nominal: 6,4 A Características especiales del motor: Eex Longitud (tipo) del cable: 10 (S1BN8-F) m									
	Incluso p.p. piezas especiales y anclajes, y soportación de la misma con angulos y perfiles en acero inoxidable AISI-316L	1					1,000				Protecciones estándar del motor (ampliables):									
								1,00	2.480,40	2.480,40	Protecciones térmicas: TCS con sensores térmicos en el bobinado Protecciones de estanqueidad: Sistema DI, con sonda en la cámara de aceite									
TOTAL APARTADO 02.01.02 ENTRADA DE FANGOS										2.480,40										
APARTADO 02.01.04 CALENTAMIENTO DE FANGOS																				
EJBA0500	UD INTERCAMBIADOR CALOR TUBULAR 25 M3/H										Carcasa del motor: EN-GJL-250 Impulsor: EN-GJL-250 Eje del motor: 1.4021 (AISI 420) Tornillería: 1.4401 (AISI 316) Estanqueidad en el eje: Doble junta mecánica SiC/SiC - SiC-C Camisa de refrigeración (si aplica): Asa de izado: 1.4401 (AISI 316) Placa/anillo de desgaste: EN-GJL-250 Recubrimiento: Resina epoxídica 2 componentes 120 um									
	Intercambiador de calor tubular de 25 m3/h. Tubería AISI316L, carcasa AISI 304. calorifugado.Temperatura de entrada de fango 30° y salida 45° para un caudal de 30 m³/h de agua y 25 m3/h de fangos. Calorifugado.	1					1,000				Peso: 100 kg									
EJACA1008	UD BOMBA 25 M³/H 8 MCA							1,00	31.694,00	31.694,00										
	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO																			
	Bomba centrífuga antideflagrante, totalmente sumergible (hasta 20 m), marca SULZER o similar, modelo XFP80C-VX.1-PE29/4-D01*10 con motor Premium Efficiency que, de acuerdo con IEC 60034-30, alcanza la eficiencia IE3, de 3 kW de potencia nominal en el eje a 1437 rpm y 400 V, capaz de elevar un caudal unitario de Q según curva anexa a H según curva anexa con un rendimiento hidráulico del Etap según curva anexa. Incluye doble junta mecánica SiC/SiC - SiC-C y 10 m de cable por bomba, tipo especial sumergible y con conexión especial al motor que evita averías en el mismo por efecto de cable roto o dañado.																2,00	6.890,00	13.780,00	
	Hidráulica:										VCC00100	UD VÁLV.COMP. MANUAL DN-100 PN10								
	Tipo de impulsor:										Válvula de Compuerta DN 100 mm									
	Vórtex 6 paletas Diámetro del impulsor: 80 mm Velocidad del impulsor: 1437 rpm Diámetro del tubo de descarga: 80 mm Paso de sólidos: 80 mm										Servicio: Aislamiento de conducciones Características: Marca: BELGICAST o equivalente. Modelo: BV-05-47, M. corto F4 Diámetro (DN): 100 mm. Presión (PN): 10/16. Cierre elástico. Materiales: Cuerpo y tapa: Fundición nodular GGG-50. Compuerta: Fundición nodular GGG-50 con recubrimiento de caucho vulcanizado. Eje: Acero inoxidable AISI-420. Volante: Fundición nodular GGG-50. Tornillería: Acero inoxidable AISI 316. Acabados: Recubrimiento anticorrosivo interior y exterior con polvo de poliamida epoxy aplicado electrostática-									
	Motor:																			
	El motor de accionamiento es asíncrono trifásico, con rotor de jaula de ardilla inducido en cortocircuito																			

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	mente (RAL.6.002).	7				7,000				TCD00080	ud CARRETE DE DESMONTAJE DN80 Carrete de desmontaje de DN 80 mm.								
TCD00100	ud CARRETE DE DESMONTAJE DN100 Carrete de desmontaje de DN 100 mm. Servicio: Montaje y desmontaje de valvulería y accesorios en conducciones. Marca: BELGICAST o equivalente Modelo: PAS 20 Tipo: Telescópico. Presión: PN 10/16. Materiales: Carrete: Acero inoxidable AISI 304. Bridas: Acero al carbono ST. 37.2. Unidad Instalada, probada y funcionando.						7,00	179,14	1.253,98		Servicio: Montaje y desmontaje de valvulería y accesorios en conducciones. Marca: BELGICAST o equivalente Modelo: PAS20 Tipo: Telescópico. Presión: PN 10/16. Materiales: Carrete: Acero inoxidable AISI 304. Bridas: Acero al carbono ST. 37.2. Unidad Instalada, probada y funcionando.	2				2,00			
		7				7,00											2,00	392,73	785,46
VRB00100	ud VÁLVULA DE RETENCIÓN DE BOLA DN 100 Válvula de retencion de bola extremos bridados Marca: BELGICAST o equivalente Modelo: Retención tipo bola. BV-05-38B Diámetro (DN): 100 mm Presión (PN): 10 Materiales: Cuerpo y tapa: Fundición nodular GGG-40. Bola: Resina fenólica. Tornillería: Acero inoxidable. Junta de tapa: Nitrilo. Acabados: Pintura industrial ALKYD INT./EXT.						7,00	434,07	3.038,49	EPM8001	UD MANÓMETRO DN-80 0-1 KG Manómetro DN-80, en baño de glicerina. Escala 0-1 Kg/cm2. Incluso compensador de conexión.	2					2,00	166,34	332,68
		2				2,00				EJBA5100	UD TERMÓMETRO 100MM Termómetro de las siguientes características: marca WEC o similar; tipo de inmersión rígido a medida directa; fluido: fango de digestión; diámetro de la esfera 100 mm.; materiales: caja y aro de acero embutido pintado al fuego; tubo de inmersión de acero inoxidable AISI-316. Acabado según standard del fabricante.	4					4,00	180,61	722,44
VCC00080	ud VÁLV.COMP. MANUAL DN-80 PN10 Válvula de Compuerta DN 80 mm Servicio: Aislamiento de conducciones Características: Marca: BELGICAST o equivalente. Modelo: BV-05-47, M. corto F4 Diámetro (DN): 80 mm. Presión (PN): 10/16. Cierre elástico. Materiales: Cuerpo y tapa: Fundición nodular GGG-50. Compuerta: Fundición nodular GGG-50 con recubrimiento de caucho vulcanizado. Eje: Acero inoxidable AISI-420. Volante: Fundición nodular GGG-50. Tornillería: Acero inoxidable AISI 316. Acabados: Recubrimiento anticorrosivo interior y exterior con polvo de poliamida epoxy aplicado electrostáticamente (RAL.6.002).						2,00	316,94	633,88	DCEH0150	ML TUB.ACER. INOX DN-100 AISI-316 Tubería de acero inoxidable AISI-316-L, DN-100, incluso parte proporcional de uniones, piezas especiales y accesorios. Hasta Digestor 28 de digestor a intercambiador 14	28 14					28,000 14,000		
										EJBB70150	ML CALORIFUGADO TUBERÍAS DN100 Calorifugado de tuberías de DN 150, con lana de roca tipo 322-G de 40 mm. de espesor, protegido con chapa de aluminio liso de 0,6 mm. de espesor, mecanizada, bordonada y sujeta con tornillos.	1	42,000			42,000	42,00	179,14	7.523,88
										ECBB0022	KG SOPORTES ACERO INOX. AISI-316-L Soportes para tuberías, de Acero inox. AISI-316-L, en perfiles comerciales mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Totalmente montado y colocado.	50				50,000	42,00	100,70	4.229,40
		2				2,00				ECBB0021	KG SOPORTES ACERO S-275 EPOXI+CLOROCAUCHO Soportes para tuberías, de Acero S-275, en perfiles laminados en caliente mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Imprimación con pintura epoxi, y terminación con pintura al clorocaucho. Totalmente montado y colocado.	50				50,000	50,00	19,08	954,00
							2,00	158,47	316,94										

[illegible]

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE		
CJTO12	ud CONJUNTO DE TUBERIAS DE ENTRADA FANGOS DIGESTION DN80 Conjunto de tuberías de impulsión de entrada fangos a digestion DN80 segun trazado en planos Conjunto de uniones, juntas y tornillos. Construcción: Mediante soldadura Material: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Material accesorios: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Norma: Milimétricos/ ISO 1127 Accesorios: Curvas: Milimétricos/ ISO. Reducciones: Milimétricos/ ISO. Bridas: Aluminio DIN 2642 PN10 Acabado: Decapado. Incluso p.p. piezas especiales y anclajes, y soportación de la misma con angulos y perfiles en ace-ro inoxidable AISI-316L	1					1,000				TOTAL APARTADO 02.01.05 AGITACION	230.746,10									
										EJAB015003	UD CONDUCCIÓN REBOSE SEGURIDAD DN150 Conducto construido mediante tubería de acero inoxidable, uniones y accesorios. Servicio: rebose digestor; diámetro: 150 mm.; segun planos, tuberia interior y exterior.; material: AISI 316L. Acabado y resto de características según especificación técnica.	1					1,000				
							1,00	662,82	662,82	EJAB015014	UD COND. VACIADOS FANGOS FONDO DN150 Conducto construido mediante tubería de acero inoxidable soldada, uniones y accesorios. Servicio: extracción fangos fondo. DN 150, segun plano.. Material acero inox. AISI-316-L.	1					1,000				
							1,00	2.638,87	2.638,87	EJAB015015	UD COND. EXTRACCIÓN FANGOS DN150 INTERIOR Conducto construido mediante tubería de acero inoxidable soldada, uniones y accesorios. Servicio: extracción fangos fondo parte superior, tuberías interiores. DN 150, segun planos. Material acero inox. AISI-316-L.	1					1,00				
										EJAB015016	UD COND. REBOSE Y FLOTANTES FANGOS DN150 EXTERIOR Conducto construido mediante tubería de acero inoxidable soldada, uniones y accesorios. Servicio: rebose y flotantes, tuberías exteriores. DN 150, segun planos. Material acero inox. AISI-316-L.	1					1,00		4.956,67	4.956,67	
							1,00	4.151,91	4.151,91	EJAB015017	UD COND. EXTRACCIÓN FANGOS DN150 EXTERIOR Conducto construido mediante tubería de acero inoxidable soldada, uniones y accesorios. Servicio: extraccion fangos, tuberías exteriores. DN 150, segun planos. Material acero inox. AISI-316-L.	1					1,00				
CJTO122	ud CONJUNTO DE TUBERIAS DE IMPULSION Y AGITACION Conjunto de tuberías de agitacion desde bomba hasta boquillas DN300/200/150 segun trazado en planos Conjunto de uniones, juntas y tornillos. Construcción: Mediante soldadura Material: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Material accesorios: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Norma: Milimétricos/ ISO 1127 Accesorios: Curvas: Milimétricos/ ISO. Reducciones: Milimétricos/ ISO. Bridas: Aluminio DIN 2642 PN10 Acabado: Decapado. Incluso p.p. piezas especiales y anclajes, y soportación de la misma con angulos y perfiles en ace-ro inoxidable AISI-316L	1					1,00				VCC00150	ud VÁLVULA DN 150 COMPUERTA CIERRE ELÁSTICO Válvula de Compuerta DN 150 mm Servicio:: Aislamiento de conducciones Características: Marca: BELGICAST o equivalente. Modelo: BV-05-47, M. corto F4 Diámetro (DN): 150 mm. Presión (PN): 10/16. Cierre elástico. Materiales: Cuerpo y tapa: Fundición nodular GGG-50. Compuerta: Fundición nodular GGG-50 con recubrimiento de caucho vulcanizado. Eje: Acero inoxidable AISI-420. Volante: Fundición nodular GGG-50. Tornillería: Acero inoxidable AISI 316. Acabados: Recubrimiento anticorrosivo interior y exterior con polvo de poliamida epoxy aplicado electrostática-mente (RAL.6.002).	1					1,00		3.348,54	3.348,54
							1,00	31.694,00	31.694,00			1					1,00				

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
TCD00150	Ud CARRETE DESMONTAJE DN 150 Carrete de desmontaje de DN 150 mm. Servicio: Montaje y desmontaje de valvulería y accesorios en conducciones. Marca: BELGICAST o equivalente Modelo: BC 06 11. Tipo: Telescópico. Presión: PN 10/16. Materiales: Carrete: Acero inoxidable AISI 304. Bridas: Acero al carbono ST. 37.2. Unidad Instalada, probada y funcionando.	1				1,00	1,00	352,77	352,77	SS004	UD PASAMUROS DN150 carrete pasamuros de acero inoxidable, con brida loca en un extremo y placa de estanqueidad - DN 150 - Longitud maxima: 600 mm. Materiales: - Carrete y placa de estanqueidad: AISI 316 L - Brida: aluminio Unidad Instalada, probada y funcionando. GASMIX	1					1,0000	1,00	581,52	581,52
EJAB001	UD TOMA DE AGUA LIMPIEZA CONDUCTOS Toma de agua para limpieza de conducciones incluyendo: una (1) válvula de bola manual DN:40 y un (1) racor rápido.	2				2,000		329,34	329,34	SS005	UD PASAMUROS DN 80	1				1,00	2,00	442,34	884,68	
ECBB0022	KG SOPORTES ACERO INOX. AISI-316-L Soportes para tuberías, de Acero inox. AISI-316-L, en perfiles comerciales mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Totalmente montado y colocado.	80				80,000		344,50	689,00								1,00	192,92	192,92	
ECBB0021	KG SOPORTES ACERO S-275 EPOXI+CLOROCAUCHO Soportes para tuberías, de Acero S-275, en perfiles laminados en caliente mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Imprimación con pintura epoxi, y terminación con pintura al clorocaucho. Totalmente montado y colocado.	82				82,000		19,08	1.526,40											
							82,00	19,08	1.564,56											
TOTAL APARTADO 02.01.06 REBOSES Y EXTRACCION DE									20.220,88	TOTAL APARTADO 02.01.08 PASAMUROS									1.659,12	
APARTADO 02.01.07 AYUDAS DE OBRA CIVIL										APARTADO 02.01.09 TOMA MUESTRAS										
EQDG010	PA Ayudas de obra civil para montaje digestor Ayudas de obra civil para montaje de equipos del digestor	1				1,000				TOMMUEST1	UD CONJUNTO TUBERÍA PARA TOMAMUESTRAS SUPERIOR DN80 Conjunto de tuberías en acero inoxidable AISI-316-L, DN80 para recogida muestra de fangos de superficie, segun trazado en plano Conjunto de uniones, juntas y tornillos. Construcción: Mediante soldadura Material: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Material accesorios: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Norma: Milimétricos/ ISO 1127 Accesorios: Curvas: Milimétricos/ ISO. Reducciones: Milimétricos/ ISO. Bridas: Aluminio DIN 2642. Acabado: Decapado. Incluso p.p. piezas especiales y anclajes.	1					1,00			
							1,00	9.540,00	9.540,00								1,00	1.756,95	1.756,95	
TOTAL APARTADO 02.01.07 AYUDAS DE OBRA CIVIL									9.540,00											
APARTADO 02.01.08 PASAMUROS																				
SS003	UD PASAMUROS DN 200 carrete pasamuros de acero inoxidable, con brida loca en un extremo y placa de estanqueidad - DN 200																			

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
TOMMUEST2	UD CONJUNTO TUBERÍA PARA TOMAMUESTRAS INTERMEDIO DN80 Conjunto de tuberías en acero inoxidable AISI-316-L, DN80 para recogida muestra de fangos a nivel intermedio, segun trazado en plano Conjunto de uniones, juntas y tornillos. Construcción: Mediante soldadura Material: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Material accesorios: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Norma: Milimétricos/ ISO 1127 Accesorios: Curvas: Milimétricos/ ISO. Reducciones: Milimétricos/ ISO. Bridas: Aluminio DIN 2642. Acabado: Decapado. Incluso p.p. piezas especiales y anclajes.	1				1,00				EJAK0150	UD CONJ. APAGALLAMAS HOR. DN150 Conjunto compuesto por apagallamas horizontal y dispositivo cortallamas por fusible térmico, de las siguientes características: fluido gas de digestión, DN-150, material aluminio, excepto resorte en acero inox. Presión max. de trabajo en la línea: 100 mbar. Capacidad con 20 mm de pérdida de car-ga: 416 m3N/h. Totalmente instalado. SALIDA DE GAS	2				2,000				
										DCEH0150	ML TUB.ACER. INOX DN-100 AISI-316 Tubería de acero inoxidable AISI-316-L, DN-100, incluso parte proporcional de uniones, piezas espe-ciales y accesorios. SUSTITUCION DE LINEA GAS EXISTENTE	1	45,000			45,000		2,00	11.713,00	23.426,00
										EJMU600	UD MANÓMETRO 0-600 MM C.A. Manómetro para gas de columna de agua en "U". Rango 0 a 600 mmca. Conector de proceso 1/8". Instalado.	2				2,000		45,00	179,14	8.061,30
VCC00080	ud VÁLV.COMP. MANUAL DN-80 PN10 Válvula de Compuerta DN 80 mm Servicio:: Aislamiento de conducciones Características: Marca: BELGICAST o equivalente. Modelo: BV-05-47, M. corto F4 Diámetro (DN): 80 mm. Presión (PN): 10/16. Cierre elástico. Materiales: Cuerpo y tapa: Fundición nodular GGG-50. Compuerta: Fundición nodular GGG-50 con recubrimiento de caucho vulcanizado. Eje: Acero inoxidable AISI-420. Volante: Fundición nodular GGG-50. Tornillería: Acero inoxidable AISI 316. Acabados: Recubrimiento anticorrosivo interior y exterior con polvo de poliamida epoxy aplicado electrostática-mente (RAL.6.002).	2				2,00				ECBB0022	KG SOPORTES ACERO INOX. AISI-316-L Soportes para tuberías, de Acero inox. AISI-316-L, en perfiles comerciales mediante uniones solda-das; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Totalmente montado y colocado.	1	25,000			25,000		2,00	588,36	1.176,72
										ECBB0021	KG SOPORTES ACERO S-275 EPOXI+CLOROCAUCHO Soportes para tuberías, de Acero S-275, en perfiles laminados en caliente mediante uniones solda-das; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Imprimación con pintura epoxi, y terminación con pintura al clorocaucho. Totalmente montado y colocado.	1	68,000			68,000		25,00	19,08	477,00
										NALGAS	ud ANALIZADOR DE BIOGAS	1				1,00		68,00	19,08	1.297,44
																	1,00	23.839,40	23.839,40	
TOTAL APARTADO 02.01.09 TOMA MUESTRAS									2.966,83	TOTAL SUBCAPÍTULO 02.02 TOMA Y CIRCUITO DE GAS DE									67.558,69	
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.01 DIGESTION ANAEROBICA DE									338.582,57											
EJAM0150	SUBCAPÍTULO 02.02 TOMA Y CIRCUITO DE GAS DE DIGESTION																			
	UD DEPÓSITO DE CONDENSADOS 6" Depósito de condensados. Tamaño: 6". Material: acero al carbono. Conexión a proceso: ANSI 150 RF. Purgador automático y visor de vidrio. Totalmente instalado. SALIDA DE GAS	3				3,000														
																		3,00	3.093,61	9.280,83

PRESUPUESTO. Página 16

PRESUPUESTO. Página 17

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
ECBB0021	KG SOPORTES ACERO S-275 EPOXI+CLOROCAUCHO Soportes para tuberías, de Acero S-275, en perfiles laminados en caliente mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Imprimación con pintura epoxi, y terminación con pintura al clorocaucho. Totalmente montado y colocado.	90				90,000	120,00	19,08	2.289,60
EJBB01000	UD DESCALCIFICADOR AGUA 1000 L/H Equipo para descalcificación del agua de aportación a calderas, marca ASTRAMATIC o similar; formado por: un intercambiador de iones automático para un caudal de 1000 l/h, cargado con 100 l de resinas catiónica; un equipo para la regeneración de la resina, incluyendo depósito de polietileno de 500 l., un conjunto de tuberías, válvulas y accesorios. Acabado y resto de características según standar del fabricante.	1				1,000	90,00	19,08	1.717,20
DESM04	PA DESMONTAJE CALDERAS EXISTENTES	1				1,00	1,00	3.169,40	3.169,40
EXTRA	ud EXTRACTOR DE PARED Ud. Suministro e instalación de extractor de pared tipo Mural con marco cuadrado, pala variable y motor electrónico brushless (EEC), para un caudal máximo de 11470 m3/h	1				1,00	1,00	5.830,00	5.830,00
BIOGAS	ud INSTALACION DE BIOGAS Incluye: 10 ML TUBO ASISI 304 PARA MODIFICACION DE LINEA DE BIOGAS: ML tubo acero inoxidable AISI 304 L DN 65 para alimentacion de biogas a quemadores, incluso pp de accesorios, soportación y pequeño material accesorio 2 UD. VALVULA DE CORTE INOX DN 65 PARA GAS: Ud Válvula de esfera cuerpo de acero y bola inox. según en 12266 con juegos de bridas de acero para soldar juntas y tornillería de diámetro 2-1/2" 2 ud INSTALACION DE PIJACE PARA PURGA DE CONDENSADOS EN LINEA DE BIO-GAS: 1 Llave de corte 1/2" 1 Niplex 1/2" acero inoxidable 1 Reducción 3" a 1/2" acero inoxidable 1 T 3" acero inoxidable	1				1,00	1,00	2.135,90	2.135,90
							1,00	8.268,00	8.268,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.04 CIRCUITO DE AGUA CALIENTE									160.628,58
ELBF010	SUBCAPÍTULO 02.05 DESULFURACIÓN BIOGÁS UD DEP. CL FE 3,5M³ FIBRA VIDRIO Deposito de almacenamiento de las siguientes características: - Marca: TECNIUM o similar. - Producto a almacenar: Cloruro Férrico comercial. - Forma: cilindrico vertical con fondo plano. - Capacidad: 3500 lts.	1				1,000			

CÓDIGO	PRECIO	RESUMEN	IMPORTE	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
ELAFDV035		UD DOSIF. CL FE 30 L/H 15 MCA PVC Grupo motobomba dosificadora de las siguientes características: - Marca: TFB o similar. - Fluido a bombear: Cloruro Férrico comercial. - Caudal máximo: 35 l/h. - Presión máxima: 7,5 Kg/cm2. - Cadencia: 120 gpm. - Tipo: membrana. Materiales: - Cuerpo del dosificador: PVC. - Caja de valvulas: PVC. - Membrana: PTFE. Accionamiento: motorreductor eléctrico regulado con señal de control 4-20mA. Potencia: 0,090 Kw. - Velocidad: 1.500 r.p.m. Acabado: - Según standard del fabricante. Incluso elementos de conexión a depósito, válvulas, tuberías, y conexión con cámara de cloración.		2				2,000	
DCEBA1090		UD TUBERÍA PRESIÓN PVC DN- 90 TRASIEGO Tubería presión PVC D-90, 10 atm. incluso parte proporcional de uniones y accesorios. Uniones: junta pegada. Totalmente instalada. Incluido valvulas y piezas especiales Trasiego		1				1,000	
DCEBA1050		UD TUBERÍA PRESIÓN PVC DN- 20 Tubería presión PVC D-50, 10 atm. incluso parte proporcional de uniones y accesorios. Uniones: junta pegada. Totalmente instalada. Incluido valvulas y piezas especiales		1				1,000	
ELC00056		UD ELECTROAGITADOR 1,5 KW 1500RPM Electroagitador sumergido, para cuba de reactivo, de las siguientes características: DOSAPRO MIL-TON , ALBOSA o similar. Potencia motor: 1,5 Kw. Velocidad: 1500 r.p.m. Proteccion: ip-54. Materiales: s/standard del fabricante. Helice: Acero inox. 316. Totalmente instalado y conexionado		1				1,000	
ELALL001		UD INSTALACIÓN LIMPIEZA Conjunto de elementos para limpieza de dosificación de sosa, con electroválvulas solenoides y tuberías de conexión a la red de presión. Totalmente instalado.		1				1,000	
ECBB0022		KG SOPORTES ACERO INOX. AISI-316-L Soportes para tuberías, de Acero inox. AISI-316-L, en perfiles comerciales mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Totalmente montado y colocado.		50				50,000	
								50,00	19,08
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.05 DESULFURACIÓN BIOGÁS									18.310,36
ELBL003		SUBCAPÍTULO 02.06 REGULACIÓN PH UD DEP. SOSA FIBRA VIDRIO Depósito de dosificación de las siguientes características: Producto a almacenar: Sosa. - Forma: cilindrico vertical con fondo plano. - Capacidad: 10000 lts.		1				1,000	
								1,00	11.024,00

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
ELALDB163	UD DOSIF. 1200 L/H SOSA TOTAL	2				2,000					Ud. Suministro e instalacion de grupo de trasiego gemelo de 1/6 CV de potencia, con presin máxima de 3,5 kg/cm2 TOTAL	2				2,000				
ELC00056	UD ELECTROAGITADOR 1,5 KW 1500RPM Electroagitador sumergido, para cuba de reactivo, de las siguientes características: DOSAPRO MILTON , ALBOSA o similar. Potencia motor: 1,5 Kw. Velocidad: 1500 r.p.m. Proteccion: ip-54. Materiales: s/standard del fabricante. Helice: Acero inox. 316. Totalmente instalado y conexionado	1				1,000	2,00	964,60	1.929,20	EJBC5001	UD CONJUNTO DE TUBERÍA Y VÁLVULAS Conjunto de tuberías, válvulas y accesorios para conducción del gasoleo desde el tanque de almacenaje al grupo de presión y desde este a los quemadores.	1				1,000	2,00	3.345,78	6.691,56	
ELACA0	UD TUBERÍAS DE IMPULSIÓN Conjunto de tuberías para las impulsiones, aspiraciones, de sosa, (excepto limpieza), incluyendo soportes y accesorios.	1				1,000	1,00	1.653,60	1.653,60								1,00	826,80	826,80	
ELALL001	UD INSTALACIÓN LIMPIEZA Conjunto de elementos para limpieza de dosificación de sosa, con electroválvulas solenoides y tuberías de conexión a la red de presión. Totalmente instalado.	1				1,000	1,00	2.067,00	2.067,00											
ECBB0022	KG SOPORTES ACERO INOX. AISI-316-L Soportes para tuberías, de Acero inox. AISI-316-L, en perfiles comerciales mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales y despuntes. Totalmente montado y colocado.	50				50,000	1,00	1.371,56	1.371,56											
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.06 REGULACIÓN PH									18.999,36											
EJBC0020	SUBCAPÍTULO 02.07 DEPOSITO GAS-OIL																			
	UD DEPOSITO GASOLEO 5 M³ Ud. Suministro e instalacion de Depósito doble pared en acero /acero(superficie) según EN 12285-2. 5000LTRS DIAM 1500mm. Depósito cilíndrico horizontal doble pared acero/acero de superficie fabricado según norma EN 12285-2. - 1 Boca de hombre600 mm - 2 cunas - Válvula de Sobrellenado (carga con bomba) 2" inst. i/boca de carga directa - Descarga desplazada para carga con bomba en 2" - Bandeja antigoteo 40 x 40 fibra de vidrio - Tubería Aspiración + Válvula Antisifón - Tubo de Ventilación natural incluido cortallamas	1				1,000					Ud CONJUNTO TUBERIAS IMPULSION DN80 Conjunto tuberías fangos mixtos AISI316 DN80	1				1,000				
EJBC1001	UD INDICADOR DE NIVEL Ud. Suministro e instalacion de Indicador de nivel digital para deposito con tubo 10m y contrapeso PIUSI OCIO LV/RS 230VAC	1				1,000	1,00	13.091,00	13.091,00											
EJBC3080	UD BOMBA TRASIEGO GASOLEO 100 L/H						1,00	3.658,59	3.658,59											
											ud CONJUNTO TUBERIAS ASPIRACION DN80 Conjunto tuberías fangos mixtos AISI316 DN80	1				1,000	1,00	3.307,20	3.307,20	
											Ud BOMBA HELICOIDAL FANGOS 6,4-16 M3/H MARCA ALBOSA o similar						1,00	2.204,80	2.204,80	
											MODELO: Z35KC11RMA EJECUCION: HORIZONTAL FLUIDO A BOMBLEAR: FANGOS ESPESADOS AL = 5 % Tª FLUIDO: AMBIENTE(MAX 50°C) VISCOSIDAD: < 150 CPS CAUDAL: 6,4-16 M3/H. ALTURA MANOMETRICA: =15M.C.A. PRESION DE DISEÑO BOMBA: 2,0 BAR. VELOCIDAD BOMBA: 80-265 RPM PASO DE SOLIDOS: 12 mm(DUROS)# 40 mm(DEFORMABLES) RENDIMIENTO BOMBA EN P.B.: 37% POTENCIAABSORBIDA: 1,88 KW PAR DE ARRANQUE: 79 Nm PAR FUNCIONAM.: 1474 Nm POTENCIA RECOMENDADA: 3 KW. P.S.H.BOMBA: 1,71 MCA CONEX.ASP/IMPULSION: 80 mm DIN 2533; PN-16									
											MATERIALES CUERPO: Hº Fº BS EN 1561 grado EN-GJL-HB195 ROTOR: ACERO BS970 708 ó 709M40T/CROMADO (1) STATOR: CAUCHO SINTETICO PERBUNAN BIELADE 2 PIEZAS: ACERO AL CARBONO; BS EN 10277EJE ACCIONAMIENTO: ACERO INOX.BS EN 10088 SELLADO: CIERRE MECANICO EN C.SILICIO									
											MOTOR ELECTRICO MOTOR: ELECTRICOIE26 IE3									

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE		
	POTENCIA: 5,5 KW VELOCIDAD: 1.450 RPM TENSION: 400 VIts FRECUENCIA: 50 Hz PROTECCION: IP-55 FORMA CONSTRUCTIVA: B-5 AISLAMIENTO: F										Junta de tapa: Nitrilo. Acabados: Pintura industrial ALKYD INT./EXT.	3					3,00				
	REDUCTOR DE VELOCIDAD MODELO: NORD SK572.1F ACOPLAMIENTO A BOMBA: MONOBLOC (1) VELOCIDAD DE SALIDA: ±285 RPM. A 50 Hz									TCD00080	ud CARRETE DE DESMONTAJE DN80 Carrete de desmontaje de DN 80 mm.						3,00	964,60	2.893,80		
	BANCADA En el suministro se incluye, bancada común, construida en chapa de acero conformada y provista de los anclajes para su fijación en la fundación de hormigón.										Servicio: Montaje y desmontaje de valvulería y accesorios en conducciones. Marca: BELGICAST o equivalente Modelo: PAS20 Tipo: Telescópico. Presión: PN 10/16. Materiales: Carrete: Acero inoxidable AISI 304. Bridas: Acero al carbono ST. 37.2. Unidad Instalada, probada y funcionando.										
	ACABADO Según procedimiento PS242. Acabado final de 50-90 micras. Color RAL 5005 azul.																				
	bombeo fangos mixtos	3					3,000				VALVULAS 7 7,00 caudalimetro 1 1,00										
VCC00080	ud VÁLV.COMP. MANUAL DN-80 PN10 Válvula de Compuerta DN 80 mm							3,00	8.957,00	26.871,00	VCC00150	ud VÁLVULA DN 150 COMPUERTA CIERRE ELÁSTICO Válvula de Compuerta DN 150 mm					8,00	392,73	3.141,84		
	Servicio:: Aislamiento de conducciones Características: Marca: BELGICAST o equivalente. Modelo: BV-05-47, M. corto F4 Diámetro (DN): 80 mm. Presión (PN): 10/16. Cierre elástico. Materiales: Cuerpo y tapa: Fundición nodular GGG-50. Compuerta: Fundición nodular GGG-50 con recubrimiento de caucho vulcanizado. Eje: Acero inoxidable AISI-420. Volante: Fundición nodular GGG-50. Tornillería: Acero inoxidable AISI 316. Acabados: Recubrimiento anticorrosivo interior y exterior con polvo de poliamida epoxy aplicado electrostáticamente (RAL.6.002).										Servicio:: Aislamiento de conducciones Características: Marca: BELGICAST o equivalente. Modelo: BV-05-47, M. corto F4 Diámetro (DN): 150 mm. Presión (PN): 10/16. Cierre elástico. Materiales: Cuerpo y tapa: Fundición nodular GGG-50. Compuerta: Fundición nodular GGG-50 con recubrimiento de caucho vulcanizado. Eje: Acero inoxidable AISI-420. Volante: Fundición nodular GGG-50. Tornillería: Acero inoxidable AISI 316. Acabados: Recubrimiento anticorrosivo interior y exterior con polvo de poliamida epoxy aplicado electrostáticamente (RAL.6.002).	1					1,00				
	impulsion 3 3,00 asPiracion 4 4,00																				
VRB00080	ud VÁLVULA DE RETENCIÓN DE BOLA DN 80 Válvula de retencion de bola extremos bridados							7,00	158,47	1.109,29	TCD00150	Ud CARRETE DESMONTAJE DN 150 Carrete de desmontaje de DN 150 mm.					1,00	352,77	352,77		
	Marca: BELGICAST o equivalente Modelo: Retención tipo bola. BV-05-38B Diámetro (DN): 80 mm Presión (PN): 10 Materiales: Cuerpo y tapa: Fundición nodular GGG-40. Bola: Resina fenólica. Tornillería: Acero inoxidable.										Servicio: Montaje y desmontaje de valvulería y accesorios en conducciones. Marca: BELGICAST o equivalente Modelo: BC 06 11. Tipo: Telescópico. Presión: PN 10/16. Materiales: Carrete: Acero inoxidable AISI 304. Bridas: Acero al carbono ST. 37.2. Unidad Instalada, probada y funcionando.										

Página 21

					CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
EMCONT01	Ud CONTAINER 800 LITROS. Contenedor tipo municipal standart para recogida de solidos de 800 litros de capacidad. 1 1,000	1,00	11.024,00	11.024,00		Tornillería: Acero inoxidable AISI 316. Acabados: Recubrimiento anticorrosivo interior y exterior con polvo de poliamida epoxy aplicado electrostáticamente (RAL.6.002).	1					1,00		
020702	Ud CONJUNTO TUBERÍAS SALIDA TAMIZADO FANGOS Conjunto de tuberías soldadas de acero inoxidable AISI316L, DN150, salida rototamiz, según trazo en plano: Conjunto de uniones, juntas y tornillos. Construcción: Mediante soldadura Material: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Material accesorios: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Norma: Milimétricos/ ISO 1127 Accesorios: Curvas: Milimétricos/ ISO. Reducciones: Milimétricos/ ISO. Bridas: Aluminio DIN 2642. Acabado: Decapado. Incluso p.p. piezas especiales y anclajes. 1 1,000	1,00	450,50	450,50	VCC00100	UD VÁLV.COMP. MANUAL DN-100 PN10 Válvula de Compuerta DN 100 mm Servicio:: Aislamiento de conducciones Características: Marca: BELGICAST o equivalente. Modelo: BV-05-47, M. corto F4 Diámetro (DN): 100 mm. Presión (PN): 10/16. Cierre elástico. Materiales: Cuerpo y tapa: Fundición nodular GGG-50. Compuerta: Fundición nodular GGG-50 con recubrimiento de caucho vulcanizado. Eje: Acero inoxidable AISI-420. Volante: Fundición nodular GGG-50. Tornillería: Acero inoxidable AISI 316. Acabados: Recubrimiento anticorrosivo interior y exterior con polvo de poliamida epoxy aplicado electrostáticamente (RAL.6.002).						1,00	352,77	352,77
TUBENTROTO	Ud CONJUNTO TUBERÍAS ENTRADA TAMIZADO FANGOS Conjunto de tuberías soldadas de acero inoxidable AISI316L, DN100, entrada rototamiz, según trazo en plano: Conjunto de uniones, juntas y tornillos. Construcción: Mediante soldadura Material: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Material accesorios: Acero inoxidable AISI - 316/316 L Norma: Milimétricos/ ISO 1127 Accesorios: Curvas: Milimétricos/ ISO. Reducciones: Milimétricos/ ISO. Bridas: Aluminio DIN 2642. Acabado: Decapado. Incluso p.p. piezas especiales y anclajes. 1 1,000	1,00	3.445,00	3.445,00	TCD00100	ud CARRETE DE DESMONTAJE DN100 Carrete de desmontaje de DN 100 mm. Servicio: Montaje y desmontaje de valvulería y accesorios en conducciones. Marca: BELGICAST o equivalente Modelo: PAS 20 Tipo: Telescópico. Presión: PN 10/16. Materiales: Carrete: Acero inoxidable AISI 304. Bridas: Acero al carbono ST. 37.2. Unidad Instalada, probada y funcionando.	1					1,00	179,14	179,14
VCC00150	ud VÁLVULA DN 150 COMPUERTA CIERRE ELÁSTICO Válvula de Compuerta DN 150 mm Servicio:: Aislamiento de conducciones Características: Marca: BELGICAST o equivalente. Modelo: BV-05-47, M. corto F4 Diámetro (DN): 150 mm. Presión (PN): 10/16. Cierre elástico. Materiales: Cuerpo y tapa: Fundición nodular GGG-50. Compuerta: Fundición nodular GGG-50 con recubrimiento de caucho vulcanizado. Eje: Acero inoxidable AISI-420. Volante: Fundición nodular GGG-50.	1,00	3.180,00	3.180,00	TCD00150	Ud CARRETE DESMONTAJE DN 150 Carrete de desmontaje de DN 150 mm. Servicio: Montaje y desmontaje de valvulería y accesorios en conducciones. Marca: BELGICAST o equivalente Modelo: BC 06 11. Tipo: Telescópico. Presión: PN 10/16. Materiales: Carrete: Acero inoxidable AISI 304. Bridas: Acero al carbono ST. 37.2. Unidad Instalada, probada y funcionando.	1					1,00	434,07	434,07

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE		
AGUAIND	UD LIMPIEZA AGUA INDUSTRIAL Instalación de agua industrial a rototamiz, incluido tuberías, valvulerías, piezas especiales.	1					1,00	329,34	329,34	INST03	Ud EQUIPO DE MEDIDA DE CAUDAL DE GAS Y ANALIZADOR DE METANO Equipo de medida de caudal de gas y analizador de metano marca: ENDRESS HAUSER o similar Prosonic Flow B 200, 9B2B50-4142/0, DN50 2" Modelo: Proline Prosonic Flow B200 Aplicación: Medida fiable de Biogás en una amplia gama de aplicaciones. Operación en gases saturados. Medida de fracción de Metano No genera pérdida de carga. Equipo robusto, alimentación por lazo :: Medida fiable y precisa de Biogás en condiciones variables de proceso. :: Medida integrada de fración de Biogás en tiempo real	1						1,00	964,60	964,60	
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.09 TAMIZADO DE FANGOS							30.938,22														
2.5.1	SUBCAPÍTULO 02.10 ESPESADO MECANICO																				
	UD ESPESADOR DE TORNILLO SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ESPESADOR DE TORNILLO (S-DRUM 3 o similar) DE FANGOS, FORMADO POR UN TAMBOR DE ESTRUCTURA TUBULAR CILINDRICO SOPORTADO ENTRE RODAMIENTOS DE HDPE Y EQUIPADO CON UNA TELA FILTRANTE DE POLIESTER. EL TAMBOR SE ACCIONA MEDIANTE UN MOTOREDUCTOR ELECTRICO DE BAJO CONSUMO DE 0.75 KW, INCLUSO VALVULA MEZCLADORA DE FANGO Y POLIELEC-TROLITO PARA CONSEGUIR UNA ADECUADA FLOCULACIÓN Y UN REACTOR DE FLOCULACIÓN PARA LA MADURACIÓN DE LOS FLÓCULOS. EL ESPESADOR DEBE-RÁ SER CAPAZ DE TRATAR UN CAUDAL UNITARIO DE FANGO DE 36,5 M3/H CON UNA CONCENTRACIÓN DEL FANGO DE 0.7 % M.S. LA DESCARGA DEL AGUA FIL-TRADA SE DEBE CONECTAR A RED DE DESAGÜE EXISTENTE MEDIANTE TUBERIA Ø150 MM. Y LA DESCARGA DEL FANGO ESPESADO SE CONECTA A LA ARQUETA DE FANGOS EN EL SOTANO DEL EDIFICIO MEDIANTE SALIDA 250X600 MM. SE DEBERÁ INSTALAR IGUALMENTE UN CUADRO ELECTRICO CON CONTROL AVANZADO, PLC Y PANTALLA HMI 7" PARA EL CONTROL DE TODO EL SISTEMA. MEDIDA LA UNIDAD TOTALMENTE INSTALADA Y FUNCIONANDO INCLUIDAS TUBE-RIAS DE CONEXION	1						1,00			INST5	ud MEDICIÓN DE P EN EL DIGESTOR Medición de P en el digestor Marca: ENDER HAUSER o equivalente Modelo: Cerabar M PMP51 Rango: 0- 50 mbar. Protección ATEX II 2G. Unidad Instalada, probada y funcionando.	1						1,00	9.646,00	9.646,00
2.5.2	UD BOMBA DOSIFICADOR POLIELECTROLITO BOMBA DE TORNILLO EXCENTRICO PARA DOSIFICADOR DE POLIELECTROLITO CON CAPACIDAD PARA 150-1500L/H, PRESION 6 BAR Y POTENCIA NOMINAL 75 KW INCLUSO CAUDALIMETRO ELECTROMAGNETICO DN125 MM PN 16 ATM. TOTALMENTE INSTALADO, PROBADO Y EN FUNCIONAMIENTO, INCLUIDAS TUBERÍ-AS DE CONEXION	1					1,00	110.929,00	110.929,00	INST6	ud MEDIDA DE P ANTES Y DESPUÉS DE CADA POTE DE CONDENSADOS Medida de P antes y después de cada pote de condensados Marca: ENDER HAUSER o equivalente Modelo: Deltabar M PMD55 Rango: 0 - 250 mbar Unidad Instalada, probada y funcionando.	1						1,00	1.791,40	1.791,40	
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.10 ESPESADO MECANICO							120.506,10														
INST01	SUBCAPÍTULO 02.11 INSTRUMENTACION																				
	Ud EQUIPO PARA MEDICIÓN EN CONTINUO DEL PH Equipo para medición en continuo del pH de los fangos en digestión.	1					1,00			INST7	ud MEDIDA DE NIVEL EN EL DIGESTOR POR PRESIÓN DE FONDO Cerabar PMC21 o similar Referencia: PMC21-AQU0/0 (PMC21-AA1B1KBWBJJ) Presión, capacitivo. Aplicación: Presión/Nivel Precisión: +/-0,3%. Membrana: cerámica Ceraphire. libre de aceite, apto para vacío. :: Estabilidad a largo plazo + Resistente a sobrecarga.	1						1,00	2.204,80	2.204,80	
INST02	Ud EQUIPO PARA MEDICIÓN EN CONTINUO DE Tª Equipo para medición en continuo de la temperatura del agua y de los fangos a la entrada y salida de cada intercambiador de calor,	1					1,00	2.778,05	2.778,05	INST8	ud CAUDALIMETRO ELECTROMAGNETICO DN50 Equipo de medida de caudal de fangos	1					1,00	1.378,00	1.378,00		

	marca: ENDRESS HAUSER o similar				
	modelo: PROMAG W10, 5WBB50, DN50 2"				
	PURGA FANGOS	2	2,00		
	FANGOS A DIGESTION	2	2,00		
			4,00	2.204,80	8.819,20
INMST9	ud CAUDALIMETRO ELECTROMAGNETICO DN80				
	Equipo de medida de caudal de fangos				
	marca: ENDRESS HAUSER o similar				
	modelo: PROMAG W10, 5WBB80, DN80 3"				
	fangos a deposito tampon	1	1,00		
			1,00	2.480,40	2.480,40
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.11 INSTRUMENTACION			30.062,45		
TOTAL CAPÍTULO 2 EQUIPOS MECANICOS				954.254,37	
CAPÍTULO 3 EQUIPOS ELECTRICOS Y DE CONTROL					
03.02	Ud INSTALACION ELECTRICA.				
	INSTALACION ELECTRICA. CABLEADO	1	1,00		
			1,00	42.400,00	42.400,00
03.03	Ud CONTROL				
	CONTROL	1	1,00		
			1,00	37.100,00	37.100,00
TOTAL CAPÍTULO 3 EQUIPOS ELECTRICOS Y DE CONTROL				79.500,00	
CAPÍTULO 4 GESTIÓN DE RESIDUOS					
4.01	UD GESTION DE RESIDUOS				
			1,00	22.472,00	22.472,00
TOTAL CAPÍTULO 4 GESTIÓN DE RESIDUOS				22.472,00	
CAPÍTULO 5 SEGURIDAD Y SALUD					
5.01	UD SEGURIDAD Y SALUD				
			1,00	28.196,00	28.196,00
TOTAL CAPÍTULO 5 SEGURIDAD Y SALUD				28.196,00	
TOTAL			1.474.658,71		

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
1 OBRA CIVIL		390.236,34
	-01.01-MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS	2.009,55
	-01.02-DESMONTAJES Y DEMOLICIONES	26.500,00
	-01.03-ACTUACION EN DIGESTOR EXISTENTE	231.045,72
	-01.04-REPARACIÓN ESPESADOR Y DEPOSITO TAMPON.....	79.151,22
	-01.05-EDIFICIO ROTOTAMIZ	13.160,10
	-01.06-TUBERIAS DE PROCESO. LINEA DE FANGOS- OBRA CIVIL	1.059,76
	-01.07-DEPOSITO ALMACENAMIENTO DE CLORURO FERRICO	2.848,95
	-01.08-DEPOSITO ALMACENAMIENTO DE SOSA.....	5.969,55
	-01.09-URBANIZACION.....	19.481,49
	-01.10-VARIOS	9.010,00
2 EQUIPOS MECANICOS		954.254,37
	-02.01-DIGESTION ANAEROBICA DE FANGOS	338.582,57
	-02.02-TOMA Y CIRCUITO DE GAS DE DIGESTION	67.558,69
	-02.03-GASOMETRO Y ANTORCHA	101.124,00
	-02.04-CIRCUITO DE AGUA CALIENTE.....	160.628,58
	-02.05-DESULFURACIÓN BIOGÁS	18.310,36
	-02.06-REGULACIÓN PH	18.999,36
	-02.07-DEPOSITO GAS-OIL.....	24.267,95
	-02.08-BOMBEO FANGOS A DIGESTION.....	43.276,09
	-02.09-TAMIZADO DE FANGOS	30.938,22
	-02.10-ESPESADO MECANICO.....	120.506,10
	-02.11-INSTRUMENTACION.....	30.062,45
3 EQUIPOS ELECTRICOS Y DE CONTROL		79.500,00
4 GESTIÓN DE RESIDUOS		22.472,00
5 SEGURIDAD Y SALUD		28.196,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	1.474.658,71
	13,00 % Gastos generales	191.705,63
	6,00 % Beneficio industrial	88.479,52
	SUMA DE G.G. y B.I.	280.185,15
	21,00 % I.V.A.	368.517,21
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	2.123.361,07
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	2.123.361,07

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DOS MILLONES CIENTO VEINTITRES MIL TRESCIENTOS SESENTA Y UN EUROS con SIETE CÉNTIMOS