

PROYECTO TÍPICO. PLANTAS DE POTABILIZACIÓN PARA TRATAR 0,330 M³/S EN DOS ETAPAS

ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE 330 L/S..	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. FUENTE DE AGUA.....	1
1.3. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA A TRATAR	2
1.4. DEMANDA DE AGUA POTABLE Y CAUDALES DE DISEÑO	2
1.4.1. <i>Demanda de Agua Potable</i>	2
1.4.2. <i>Caudales de Diseño</i>	4
1.5. INSTALACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PROYECTADA	5
1.5.1. <i>Tipo de Tratamiento Propuesto</i>	5
1.5.2. <i>Resumen de las Instalaciones Proyectadas</i>	5
1.5.3. <i>Cámara Amortiguadora de la Energía del Acueducto de Agua Cruda</i>	6
1.5.4. <i>Cámara de Carga General</i>	7
1.5.5. <i>Canaleta Parshall</i>	7
1.5.5.1. <i>Funciones</i>	7
1.5.5.2. <i>Tipo Adoptado</i>	7
1.5.5.3. <i>Medición de Caudales</i>	8
1.5.5.4. <i>Repartición de Caudales a Cada Módulo</i>	8
1.5.6. <i>Batería de Floculadores Mecánicos</i>	8
1.5.7. <i>Batería de Decantadores de Escurrimiento Inclinado Entre Placas Planas Paralelas</i>	9
1.5.7.1. <i>Criterio de Diseño</i>	9
1.5.7.2. <i>Zonas que Componen un Decantador de Escurrimiento Inclinado</i>	11
1.5.7.3. <i>Sistema de Ingreso del Líquido Floculado en Cada Unidad</i>	11
1.5.7.4. <i>Zona Sumergida Entre Filas de Placas y Tolva de Lodos</i>	12
1.5.7.5. <i>Zona Sumergida Ocupada por las Placas Planas Paralelas</i>	12
1.5.7.6. <i>Tolva de Lodos</i>	13
1.5.8. <i>Batería de Filtros Rápidos</i>	15

1.5.8.1. Sistema de Filtración Aplicado	15
1.5.8.2. Dimensionamiento	15
1.5.8.3. Niveles Líquidos Operativos	15
1.5.8.4. Lavado Mutuo de la Batería.....	16
1.5.8.5. Operación de la Batería	16
1.5.9. Sistema de Desinfección	17
1.5.10. Neutralización del pH	18
1.5.11. Sistema General de los Desagües de la Planta de Tratamiento	19
1.5.12. Cisternas de Reserva de Agua Tratada	19
1.5.13. Casa Química	20
1.5.13.1. Sulfato de Aluminio Granular	20
1.5.13.2. Cal Hidratada.....	20
1.5.13.3. Polielectrolito.....	21
2. INSTALACIÓN ELECTRICA.....	22
2.1. GENERALIDADES	22
2.2. PUNTO DE ALIMENTACIÓN	22
2.3. TABLEROS DE BAJA TENSIÓN	22
2.3.1. Características Generales.....	22
2.3.2. Características Particulares	23
2.4. MOTORES.....	24
2.5. CABLES DE BAJA TENSIÓN	24
2.5.1. Características Generales.....	24
2.5.2. Cables de Alimentación a Tableros	25
2.5.3. Cables de Alimentación a Motores	25
2.5.4. Cables de Alumbrado Exterior	25
2.6. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS	25
2.6.1. Instalaciones de Iluminación y Tomas en el Interior del Edificio	25
2.6.2. Instalaciones Exteriores	26
2.6.3. Acometida a Motores y Otros Equipos	27
2.7. PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES.....	27
2.8. SERVICIOS E ILUMINACIÓN INTERIOR.....	28
2.8.1. Iluminación de Salas	28
2.8.2. Circuitos de Tomacorrientes y Otros Servicios	29
2.8.3. Iluminación Exterior	29
3. MEMORIA TÉCNICA Y DE CALCULO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO: 330 L/S	31
3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.....	31
3.2. SISTEMA DE INGRESO DEL LÍQUIDO A TRATAR	31
3.2.1. Cámara Amortiguadora de Energía	31
3.2.2. Cámara de Carga de la Planta	32
3.2.3. Cañería de Ingreso que Conecta la Cámara de Carga con el Aforador Parshall	32
3.2.4. Medición de Caudales a Tratar con un Aforador Parshall	33
3.3. MEZCLA RÁPIDA EN MEDIDOR PARSHALL	33
3.3.1. Para la Primera Etapa: Módulo Para $Q = 0,165 \text{ m}^3/\text{s}$	33

3.3.2. Para el Caudal Total de la Planta, $Q_T = 0,330 \text{ m}^3/\text{s}$	34
3.4. FLOCULACIÓN MECÁNICA: MEZCLA LENTA EN CÁMARAS	35
3.4.1. <i>Parámetros de Diseño de las Cámaras en Serie</i>	35
3.4.2. <i>Intercomunicación Entre Cámaras, Ingreso y Salida de Cada Fila</i>	36
3.4.2.1. Orificio de Ingreso a Cámara 1	36
3.4.2.2. Orificios Sumergidos de Pasajes por Muro Divisorio 1-2 y 3-4	36
3.4.2.3. Orificios Superficiales de Pasaje por Muro Divisorio 2-3.....	36
3.4.2.4. Orificio Superficial de Pasaje por la Salida Desde la Cámara 4 al Canal Colector de Agua Floculada	36
3.4.3. <i>Equipos Mecánicos: Velocidad de Rotación del Eje Vertical</i>	37
3.4.4. <i>Dimensiones y Número de Paletas Giratorias</i>	37
3.4.4.1. Cámara N° 1 de la Fila	37
3.4.4.2. Cámara N° 2 de la Fila	37
3.4.4.3. Cámara N° 3 de la Fila	38
3.4.4.4. Cámara N° 4 de la Fila	38
3.4.5. <i>Verificaciones</i>	39
3.4.6. <i>Potencia de Cada Equipo Floculador</i>	39
3.4.6.1. De la Cámara N° 1	39
3.4.6.2. De la Cámara N° 2	39
3.4.6.3. De la Cámara N° 3	40
3.4.6.4. De la Cámara N° 4	40
3.4.6.5. Reductores en los Equipos.....	40
3.5. DECANTADORES DE ESCURRIMIENTO INCLINADO ENTRE PLACAS PLANAS PARALELAS	40
3.5.1. <i>Parámetros Adoptados</i>	40
3.5.1.1. Numero de Decantadores en Cada Etapa.....	40
3.5.1.2. Caudales de Diseño.....	40
3.5.1.3. Carga Hidráulica Superficial: Velocidad Crítica de Sedimentación	41
3.5.1.4. Placas Planas Aplicadas	41
3.5.2. <i>Dimensionamiento de la Zona de Decantación</i>	41
3.5.2.1. Modelo de Yao.....	41
3.5.2.2. Modelo de Di Bernardo.....	43
3.5.2.3. Conclusiones	45
3.5.2.4. Verificación del Arrastre de Lados.....	45
3.5.3. <i>Sistema de Ingreso del Líquido Floculado</i>	45
3.5.3.1. Conducto de Distribución Sumergido	45
3.5.3.2. Ingreso a Cada Decantador	47
3.5.3.3. Pérdida de Carga en el Ingreso a la Placas	47
3.5.4. <i>Sistema de Evacuación de los Lodos Depositados en las Tolvas</i>	47
3.5.4.1. Dimensiones de las Tolvas Tronco Piramidales	47
3.5.4.2. Volumen de Lodos Producidos	48
3.5.4.3. Remoción de los Lodos Depositados con un “Manifold”	48
3.5.5. <i>Sistema Colector de Agua Decantada</i>	49
3.5.6. <i>Zonas del Decantador</i>	50
3.5.6.1. Volumen Líquido Sobre Placas o Sobrenadantes	50
3.5.6.2. Zona de Placas.....	50
3.5.6.3. Volumen Líquido Sumergido Entre la Fila de Placas y Tolva de Lodos	50
3.5.6.4. Tolva de Lodos Depositados	51
3.5.6.5. Altura Total de Cada Decantador	51

3.6. FILTRACIÓN CON VELOCIDAD DECRECIENTE Y AUTOLAVADO	51
3.6.1. <i>Parámetros de Diseño</i>	51
3.6.2. <i>Dimensionamiento</i>	51
3.7. ELEMENTOS ADOPTADOS DE LA CAJA FILTRANTE.....	52
3.7.1. <i>Carbón</i>	52
3.7.2. <i>Arena Silíceo</i>	53
3.7.3. <i>Manto de Grava Soporte Apoyado en las Viguetas</i>	55
3.7.4. <i>Viguetas Prefabricadas de Sección Triangular en V Invertida</i>	57
3.7.5. <i>Orificio de Entrada del Agua Sedimentada a Cada Filtro</i>	57
3.7.6. <i>Orificio de Salida del Líquido Filtrado y Entrada Para el Lavado con Caudal de Otras Unidades</i>	57
3.7.7. <i>Vertedero Regulador y de Descarga del Líquido Recolectado en la Batería de 6 Filtros</i>	58
3.7.8. <i>Cámara Inferior Colectora de Agua Filtrada</i>	58
3.7.9. <i>Canaletas Colectoras del Agua del Lavado</i>	58
3.8. HIDRÁULICA DURANTE LA FILTRACIÓN.....	58
3.8.1. <i>Determinación de Coeficientes de Pérdidas de Carga</i>	58
3.8.1.1. <i>En Arena: Régimen Laminar</i>	58
3.8.1.2. <i>En la Antracita: Régimen Laminar</i>	58
3.8.1.3. <i>En Manto de Grava: Régimen Laminar</i>	59
3.8.1.4. <i>Coeficiente Total de la Permeabilidad Laminar</i>	59
3.8.1.5. <i>En Orificios de las Viguetas: Régimen Turbulento</i>	59
3.8.1.6. <i>En Orificio de Ingreso a Cada Filtro: Régimen Turbulento</i>	59
3.8.1.7. <i>En Orificio de Salida de Cada Filtro: Régimen Turbulento</i>	59
3.8.1.8. <i>Coeficiente Total de Pérdida de Carga en Régimen Turbulento</i>	60
3.8.1.9. <i>En el Vertedero General de Tres Tramos</i>	60
3.8.2. <i>Carrera del Filtro N° 1, F1 de la Batería de 6 Unidades</i>	60
3.8.3. <i>Proceso Durante el Lavado de la Unidad más Sucia en los Ciclos de la Carrera del Filtro F1</i>	63
3.8.3.1. <i>Pérdida de Carga Independiente de la Velocidad de Lavado</i>	63
3.8.3.2. <i>Pérdida de Carga en Régimen Turbulento</i>	63
3.8.3.3. <i>Pérdida de Carga en Régimen Turbulento y Laminar Producido en el Manto de Grava</i>	63
3.8.3.4. <i>Carga Hidráulica Sobre Bordes de Canaletas de Lavado</i>	64
3.8.3.5. <i>Pérdida de Carga Total Durante el Lavado de un Filtro</i>	64
3.8.3.6. <i>Niveles de Funcionamiento en las Restantes Unidades Mientras un Filtro se Lava</i>	66
3.8.3.7. <i>Conclusiones</i>	67
3.9. PRODUCTOS QUÍMICOS	68
3.9.1. <i>Sulfato de Aluminio Granular</i>	68
3.9.1.1. <i>Consumo</i>	68
3.9.1.2. <i>Almacenamiento del Producto Comercial (16% de Oxido Útiles)</i>	68
3.9.1.3. <i>Tanque de Preparación de la Solución al 5%</i>	68
3.9.1.4. <i>Tolva Para Depósito de Inertes en Cada Tanque</i>	69
3.9.1.5. <i>Dosificación de las Solución al 5%</i>	69
3.9.2. <i>Cal Hidratada</i>	69
3.9.2.1. <i>Consumo</i>	69
3.9.2.2. <i>Almacenamiento del Producto Comercial (al 70% Aproximadamente de OC_a)</i>	70
3.9.2.3. <i>Tanques de Preparación de la Suspensión de Cal Hidratada (Lechada de Cal) al 2%</i>	70
3.9.2.4. <i>Tolva Para Depósito de Inertes</i>	70

3.9.2.5. Dosificación de la Solución al 2%	70
3.9.3. <i>Polielectrolitos</i>	71
3.9.3.1. Consumo	71
3.9.3.2. Almacenamiento	71
3.9.3.3. Tanque de Preparación	71
3.9.3.4. Tolva de Inertes Depositados	71
3.9.4. <i>Desinfección con Solución Clorada</i>	71
3.9.4.1. Consumo	71
3.9.4.2. Almacenamiento del Gas en Estado Líquido	71
3.9.4.3. Dosificadores del Gas Cloro : Cloradores.....	72
3.9.4.4. Eyector.....	72
3.9.4.5. Electrobomba “Booster”	72
3.10. RESERVA DE AGUA TRATADA	72
3.10.1. <i>Parámetros de Diseño</i>	72
3.11. SISTEMA DE CONDUCTOS DE DESAGÜE	73
3.12. PLANILLA DE CÁLCULO DEL PERFIL HIDRÁULICO Y DE PÉRDIDA DE CARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO	74
4. INSTALACIONES ELECTRICAS.....	79
4.1. ELECCIÓN DE CONDUCTORES	79
4.2. CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	79
4.3. CÁLCULO ALUMBRADO INTERIOR.....	80

LISTA DE ILUSTRACIONES

TABLAS

Tabla 1. Características particulares de los tableros	24
Tabla 2. Largo necesario de los conductos (en metros) en función de la velocidad de sedimentación de una partículas discretas y de la velocidad media de escurrimiento en el conducto de 60 x 600 mm	44

FIGURAS

Figura 1. Curva de demanda.....	4
Figura 2. Curva capacidad de la planta vs la demanda	4

PLANOS

Plano 8P-FR001.	Implantación General	81
Plano 8P-FR002.	Planta General a Cota 99.80	82
Plano 8P-FR003.	Planta General a Cota 101.80	83
Plano 8P-FR004.	Cámara Amortiguadora y Carga	84
Plano 8P-FR005.	Casa Química – Planta	85
Plano 8P-FR006.	Sala de Medición – C. Parshall.....	86
Plano 8P-FR007.	Cloración – Corte E - E	87
Plano 8P-FR008.	Sala de Cloración – Dosadores de Cloro.....	88
Plano 8P-FR009.	Floculadores – Planta	89
Plano 8P-FR010.	Floculadores – Cortes.....	90
Plano 8P-FR011.	Sedimentadores – Planta e Ingreso.....	91
Plano 8P-FR012.	Sedimentador – Corte L – L.....	92
Plano 8P-FR013.	Sedimentadores – Corte K – K.....	93
Plano 8P-FR014.	Sedimentadores – Detalles.....	94
Plano 8P-FR015.	Filtros - Planta – Superior.....	95
Plano 8P-FR016.	Filtros – Sala de Comandos Planta N – N	96
Plano 8P-FR017.	Filtros – Sala de Comandos – Corte.....	97
Plano 8P-FR018.	Filtros – Canales Cortes.....	98
Plano 8P-FR019.	Cisterna – Planta y Corte.....	99
Plano 8P-FR020.	Perfil Hidráulico Típico.....	100
Plano 8P-FR021.	Instalación Eléctrica.....	101
Plano 8P-FR022.	Instalación Eléctrica.....	102
Plano 8P-FR023.	Instalación Eléctrica.....	103
Plano 8P-FR024.	Instalación Eléctrica.....	104
Plano 8P-FR025.	Instalación Eléctrica.....	105
Plano 8P-FR026.	Instalación Eléctrica.....	106

1. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE 330 L/S

1.1. INTRODUCCIÓN

En el diseño de la planta de tratamiento se deben considerar los siguientes aspectos:

- Fuente de agua adoptada.
- Caracterización del líquido a tratar y su variación estacional.
- Ubicación geográfica y la topografía de su emplazamiento.
- Posibilidad de proyectar una planta compacta, a fin de reducir los costos constructivos y de operación.
- Reducir al máximo los equipos mecánicos.
- Posibilidad de efectuar filtración directa en períodos de baja turbiedad (cuando se tengan valores inferiores a 10 UNT en épocas de estiaje).
- Recirculación al circuito de la fase líquida de las descargas que producen los procesos del establecimiento depurador: lavado de filtros y limpiezas periódicas de decantadores, floculadores, Casa Química e instalaciones generales.
- Impacto ambiental y su mitigación de las etapas constructivas y operativas de la planta.

1.2. FUENTE DE AGUA

El establecimiento de potabilización recibe el aporte del agua de un azud nivelador. La toma tiene capacidad suficiente para captar los caudales de pico requeridos por el sistema de abastecimiento de agua potable.

El transporte del agua se realiza desde el azud hasta el establecimiento, mediante una cañería de aducción de una longitud aproximada de 3650 m, desnivel positivo de 20,00 m (o sea una pendiente de $5,5^{0}_{00}$) y un diámetro de 0,600 m. Con $C = 130$ = coeficiente rugosidad para caños de PRFV, resulta en consecuencia una velocidad de 0,84 m/s aplicando la expresión de Williams Hazen para cañerías a presión.

Teniendo en cuenta la longitud de la aducción de agua cruda se ha proyectado en el inicio de la misma, un desrripiador seguido de un desarenador con descarga al río.

1.3. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA A TRATAR

Presenta los siguientes parámetros más importantes para determinar el proceso de tratamiento, que corresponden al 70% de los días del año:

- Turbiedad: 60 UT (unidades nefelométricas).
- Color: 30 UC (unidades colorimétricas en la escala platino-cobalto).
- Coliformes totales: 500 NMP/100ml (NMP = número más probable).
- Alcalinidad: 40 mg/l.
- Cantidad no significativa de algas.
- Características químicas: normalmente no se presentan parámetros que superen los estándares de calidad exigidos para aguas de consumo humano.

En el resto del año se disminuye la concentración de partículas a valores de la turbiedad entre 10 y 15 UNT, mientras el color y los organismos coliformes tienen escasa variación estacional.

Para la determinación de los datos básicos correspondientes al diseño y operación de la Planta de Potabilización, se han realizado ensayos de coagulación, floculación y sedimentación en pruebas de jarras. No se han ejecutado ensayos de sedimentación en columna.

En las pruebas de jarras efectuadas con el agua a tratar se obtuvieron, la dosis óptima del sulfato de aluminio adoptado, el pH de coagulación, el tiempo y gradiente de floculación como así también la sedimentabilidad de los flóculos formados, valores obtenidos recolectando muestras en un punto de salida constante de la jarra, situado entre 7 y 10 cm de la superficie líquida.

Se determinó la fracción remanente F_{re} de la turbiedad en relación al valor inicial T_o (UNT), considerando que la velocidad de sedimentación de cada muestra era igual a h/t , siendo:

h = profundidad del punto de toma de la muestra (cm).

t = tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo (mín).

Al valor obtenido en el ensayo $U_{so} = 2,16 \text{ cm/min} = 31 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}$, se le aplicó el coeficiente de minorización 1,6, resultando una velocidad de sedimentación de diseño $U_c = 1,35 \text{ cm/min} = 19,44 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}$.

1.4. DEMANDA DE AGUA POTABLE Y CAUDALES DE DISEÑO

1.4.1. Demanda de Agua Potable

Se supone que se ha realizado un estudio de la demanda de agua potable siguiendo los siguientes pasos:

- Fijación del año de puesta en operación de la Planta.
- Fijación del período de diseño en 20 años, con una posible primera etapa de ejecución de 10 años.
- Estimación de la población P_0 en el año de la puesta en marcha.
- Proyección de la población para los períodos identificados.
- Fijación de la dotación media de consumo domiciliario y su variación en los períodos identificados (D_{mc10} y D_{mc20}).
- Fijación del coeficiente de variación anual de la demanda (α_1).
- Estimación de los consumos industriales C_{ind}
- Estimación de los valores actuales y futuros del Agua no Contabilizada ANC (como % del agua producida).
- Estimación de los caudales medios de producción necesarios para cubrir la demanda actual y para los períodos de diseño identificados (Q_{m0} , Q_{m10} y Q_{m20}), mediante la expresión:

$$Q_m = \left[P_{fi} \cdot D_{mc} \cdot \alpha_1 + C_{ind} \cdot i \right] \cdot 100 / ANC_i$$

Para el diseño se supone que los valores de proyección de la población son:

$$P_0 = 10.000 \text{ hab.}$$

$$P_{f10} = 14.500 \text{ hab.}$$

$$P_{f20} = 22.000 \text{ hab.}$$

Se supone además que:

$$C_{ind.i} = 0$$

$$\alpha_1 = 1,3$$

$$ANC_0 = 40 \%$$

$$ANC_{10} = 30 \%$$

$$ANC_{20} = 20 \%$$

$$D_{m0} = 300 \text{ l/hab . día.}$$

$$D_{m10} = 220 \text{ l/hab . día.}$$

$$D_{m20} = 190 \text{ l/hab . día.}$$

Resultando en consecuencia:

$Q_{m.0} = 9.750 \text{ m}^3/\text{día}$: caudal inicial.

$Q_{m.10} = 13.833 \text{ m}^3/\text{día}$: caudal al final del primer período.

$Q_{m.20} = 27.100 \text{ m}^3/\text{día}$: caudal al final del último período.

Suponiendo una variación lineal de la demanda, se puede graficarla como se indica en la **Figura 1**.

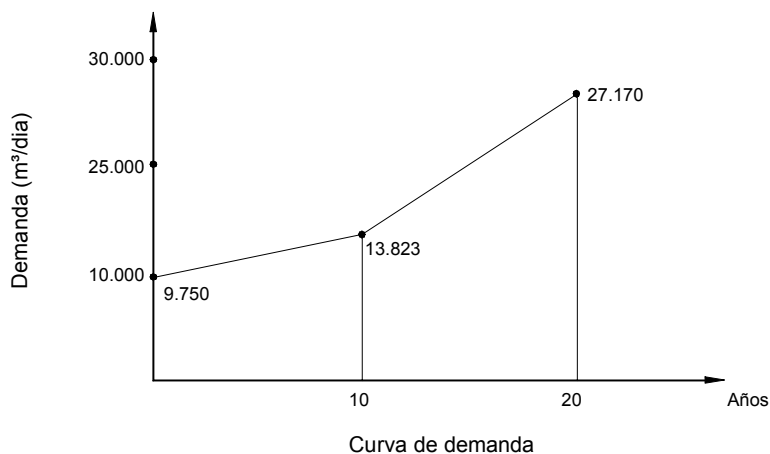


Figura 1. Curva de demanda

1.4.2. Caudales de Diseño

Para el diseño de la Planta de Potabilización subdividida en dos módulos, de manera que el primer módulo se construye en la primera etapa para cubrir la demanda del año 10. El caudal de diseño adoptado para cada módulo es de $14.000 \text{ m}^3/\text{día}$.

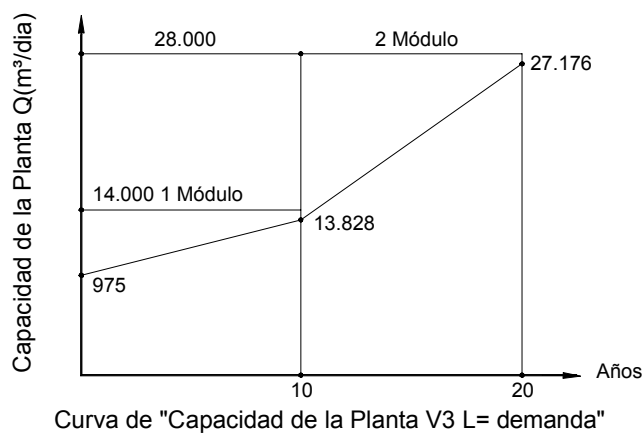


Figura 2. Curva capacidad de la planta vs la demanda

En la **Figura 2** se grafica la capacidad de la Planta de Potabilización en función de la demanda.

O sea que el caudal total de diseño correspondiente a la segunda etapa (año 20), es:

$$Q_d = 28.000 \text{ m}^3/\text{d} = 0,324 \text{ m}^3/\text{s}. \text{ Se adopta: } 330 \text{ l/s}$$

1.5. INSTALACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PROYECTADA

1.5.1. Tipo de Tratamiento Propuesto

Teniendo en cuenta la caracterización del agua cruda, se proyecta una planta potabilizadora con el sistema convencional de filtración rápida que incluye los procesos previos: coagulación, floculación y sedimentación y los posteriores de desinfección y neutralización del agua filtrada.

Eventualmente cuando la concentración de turbiedad del agua cruda tenga valores de alrededor de 10 UNT, el diseño contempla la posibilidad de filtración directa descendente, pudiendo obviar el escurrimiento en los floculadores y decantadores en algunos casos y únicamente decantadores en otros si se aplica prefloculación, según se indica en los Planos N° 8P-FR009/011/015/018.

1.5.2. Resumen de las Instalaciones Proyectadas

- Cámara amortiguadora de la energía cinética del acueducto en el acceso al establecimiento potabilizador. (Plano N° 8P-FR004).
- Cámara de carga del establecimiento. (Plano N° 8P-FR004).
- Canaleta Parshall para medir caudales y producir mezcla rápida del coagulante con el agua a tratar. (Plano N° 8P-FR006).
- Batería de floculadores mecánicos. (Planos N° 8P-FR009 y 8P-FR010).
- Batería de decantadores con escurrimiento inclinado entre placas planas paralelas. (Planos N° 8P-FR011, 8P-FR012, 8P-FR013 y 8P-FR014).
- Batería de filtros rápidos descendentes, de velocidad de filtración variable y decreciente y con autolavado. (Planos N° 8P-FR015, 8P-FR016, 8P-FR017 y 8P-FR018).
- Sistema de desinfección con solución clorada. (Planos N° 8P-FR007 y 8P-FR008).
- Sistema de neutralización del pH del agua filtrada y desinfectada. (Plano N° 8P-FR019 – Salida de Cisterna).
- Cisternas de reserva de agua tratada, diseñadas también como cámara de contacto del cloro. (Plano N° 8P-FR019).

- Casa Química, para almacenar, preparar y dosificar los productos químicos requeridos en los procesos: sulfato de aluminio sólido, cal hidratada, polielectrolitos (aniónico y no iónico). (Plano N° 8P-FR005).
- Tanque elevado de agua para consumo de la planta de potabilización, pudiendo ser ubicado sobre la galería de comando o en otro sitio compatible con la capacidad portante del terreno (a verificar por el contratista). Se estima en 20 m³ su capacidad mínima. (Planos Típicos N° 11.2 y 11.3).
- Posibilidad de proyectar tratamiento de las descargas producidas en los procesos de la planta de potabilización, a fin de mitigar efectos negativos del impacto ambiental, a cargo del futuro adjudicatario, respetando la normativa vigente para descarga en cuerpos receptores y según lo establezca ENOHSA o el organismo contratante de la obra. (Proyecto futuro – ver Proyecto Típico Planta de Potabilización de Q = 1575 l/s)
- Sistema eléctrico requerido en el establecimiento. (Planos N° 8P-FR021, 8P-FR022, 8P-FR023, 8P-FR024, 8P-FR025 y 8P-FR026).

1.5.3. Cámara Amortiguadora de la Energía del Acueducto de Agua Cruda

Recibe el caudal proveniente del desarenador ubicado en las cercanías del azud y sirve para absorber la energía cinética que descarga el conducto de aducción de agua cruda.

Se aplica el modelo propuesto por los Ing. Roberto D. Cotta y Aníbal J. Barbero, en su trabajo presentado en el IV Congreso Latinoamericano de Ingeniería, denominado “Diseño de Cámaras Amortiguadoras de Energía en la Descarga de Conductos”, confeccionado en base a conclusiones extraídas de un modelo hidráulico.

En la investigación se demostró que la carga hidráulica H (m) disponible en el final de la aducción no influía en las oscilaciones del líquido en la cámara, Z (m).

La expresión que determina la oscilación máxima Z (m) (se estima en 0,10 m ese valor), dentro de la cámara de base rectangular es función de los siguientes parámetros:

$V = L \cdot B \cdot H$ = volumen líquido de la cámara (m³), siendo:

L = longitud de la cámara desde el ingreso hasta el muro vertedero transversal (m),
(influye principalmente para disminuir la oscilación Z).

B = ancho de la cámara (m).

H = altura líquida de la cámara (m)

Q = caudal de acceso a la cámara (0,330 m³/s)

h = distancia entre la cresta del vertedero de descarga a la cámara de carga y centro de la cañería de llegada, (m)

g = 9,81 m/s = aceleración de la gravedad.

Una cámara de alivio, anexa a la cámara amortiguadora, recibe la descarga de un vertedero de excedentes de 6,00 m de longitud.

Una válvula aguja regula el ingreso del líquido a la cámara.

1.5.4. Cámara de Carga General

Recibe el caudal aportado por la cámara amortiguadora desde el vertedero de umbral horizontal de caída libre, ubicado en todo el ancho del muro divisorio de ambas cámaras.

Para el caudal total de diseño la permanencia hidráulica es de 28,8 s y de 57,6 s para el caudal correspondiente a la primera etapa.

En la caída libre del vertedero se puede inyectar la lechada de cal para cuando los valores de la alcalinidad sean inferiores a los requeridos en la coagulación (se estima un requerimiento de 0,45 mg/l de alcalinidad por cada mg/l de sulfato de aluminio).

Un conducto de PRFV y diámetro de 600 mm, comunica a la cámara de carga con la cámara de acceso a la canaleta Parshall.

1.5.5. Canaleta Parshall

1.5.5.1. Funciones

Se proyecta para medir los caudales del agua a tratar que ingresan al establecimiento y para producir la mezcla rápida requerida en la coagulación.

1.5.5.2. Tipo Adoptado

De acuerdo al gráfico presentado por Richter en el Capítulo VII-6 “Coagulación” de la Fundamentación de las Normas, se adopta una canaleta o medidor Parshall de módulo $W = 0,915$ m por las siguientes razones:

- Estar sobre y cercano al límite mínimo especificado para el caudal de diseño de 330 l/s (límite 400 l/s).
- Por tener un número de Froude, $F = 3,057$, para el pasaje del caudal $Q = 330$ l/s por la sección supercrítica o inicial del resalto hidráulico producido, considerando que el salto es estable para valores entre 2 y 3, según Arboleda para canaletas Parshall. El valor de F se incrementa para caudales menores al de diseño, siendo $F = 3,372$ para $Q_1 = 0,165$ m³/s de la 1ª etapa.
- Según Kawamura el número de Camp $C_a = G \cdot t$ debe estar comprendido entre 300 y 1600 para lograr una coagulación eficiente. Considerando los valores del gradiente de velocidad $G = 1261$ s⁻¹ y de la permanencia hidráulica $t = 0,806$ s (calculados en el numeral 3.3.1. para el caudal de diseño $Q = 0,330$ m³/s y temperatura del agua $T = 15^\circ\text{C}$), se tiene $C_a = 1261 \cdot 0,806 = 1016,4$, que está dentro de los límites aconsejados.
- Igual conclusión corresponde para la 1ª etapa de trabajo, donde $G = 1303$ s⁻¹ y $t = 0,458$, o sea $C_a = 596,8$.

- Los tiempos de mezcla son inferiores a 1 segundo, o sea que también se garantiza una mezcla íntima entre la solución del coagulante y el agua cruda, requerida para el mecanismo de coagulación.

1.5.5.3. Medición de Caudales

$h_o = 0,608 Q^{0,639}$ = tirante líquido (m), para $W = 0,915$ m y Q = caudal de pasaje (m^3/s).

La medición con una regla graduada se realiza en el sector convergente horizontal, a $2/3 B = 0,997$ m de la garganta (umbral de la canaleta).

Para $Q = 0,050 m^3/s$:	$h_o = 0,090$ m
Para $Q = 0,100 m^3/s$:	$h_o = 0,140$ m
Para $Q = 0,125 m^3/s$:	$h_o = 0,161$ m
Para $Q = 0,150 m^3/s$:	$h_o = 0,181$ m
Para $Q = 0,175 m^3/s$:	$h_o = 0,200$ m
Para $Q = 0,200 m^3/s$:	$h_o = 0,217$ m
Para $Q = 0,225 m^3/s$:	$h_o = 0,234$ m
Para $Q = 0,250 m^3/s$:	$h_o = 0,251$ m
Para $Q = 0,275 m^3/s$:	$h_o = 0,266$ m
Para $Q = 0,300 m^3/s$:	$h_o = 0,282$ m
Para $Q = 0,325 m^3/s$:	$h_o = 0,296$ m
Para $Q = 0,350 m^3/s$:	$h_o = 0,311$ m
Para $Q = 0,375 m^3/s$:	$h_o = 0,325$ m
Para $Q = 0,400 m^3/s$:	$h_o = 0,330$ m

1.5.5.4. Repartición de Caudales a Cada Módulo

Sendas compuertas de pelo libre, ubicadas en el muro frontal del canal de salida, donde se descarga el caudal de pasaje por la canaleta Parshall, tienen las siguientes funciones:

- Equirrepartir el caudal para ambos módulos.
- Dejar fuera de servicio a uno de los módulos.
- Regular el nivel líquido sobre el umbral de salida a la canaleta por cualquier eventualidad.

1.5.6. Batería de Floculadores Mecánicos

El diseño se realiza en base a tres parámetros:

- Tiempo de residencia hidráulica (s).
- Gradiente de velocidad (s^{-1}).
- Número de Camp $G \cdot t$ (adimensional).

Cada uno de los módulos (uno en cada etapa), consta de dos filas compuestas por cuatro compartimentos en serie, proyectados para tener gradientes de velocidad decrecientes en el sentido del flujo, a fin de evitar la rotura de los flóculos formados.

La mezcla lenta que produce la colisión de partículas y flóculos, se realiza mediante equipos floculadores de eje vertical y paletas planas de madera, sujetas perpendicularmente a ese eje.

Cada compartimento tiene un equipo floculador compuesto por motor eléctrico y reductor a correa, sostenidos por una pasarela apoyada en el coronamiento de los muros laterales de la cámara correspondiente.

Cada reductor de velocidad puede producir tres valores de la velocidad rotacional (rpm o rps) del conjunto eje-paletas. Como consecuencia en cada cámara se tienen tres valores del gradiente de velocidad, decrecientes en el sentido del flujo.

El gradiente de velocidad varia entre un máximo de 75 s^{-1} y un mínimo de 18 s^{-1} , valores resultantes de la Prueba de Jarras (Jar Test).

Esa gama de gradientes de velocidad $G \text{ (s}^{-1}\text{)}$ permite mantener el número de Camp $G \cdot t$ dentro de los límites establecidos para optimizar el proceso, aunque varíe la permanencia hidráulica $t(\text{s})$. Esa situación ocurre cuando se suprime una de las unidades eventualmente, ocasionando un aumento de la permanencia en la restante como consecuencia del incremento del caudal coagulado, de $0,0825 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0,165 \text{ m}^3/\text{s}$. En ese caso se puede disminuir los valores del gradiente de velocidad para tener el número de Camp, C_a , establecido en el diseño, que según Richter de acuerdo a experiencias de Estados Unidos, C_a puede variar entre 23.000 y 210.000 para gradientes de velocidad G entre 20 y 74 s^{-1} (aunque no se identifica adecuadamente las condiciones para la optimización del proceso).

La entrada del líquido coagulado regulado por una compuerta, la intercomunicación entre compartimentos y la salida del líquido en cada floculador, también regulado con una compuerta, están proyectadas de tal manera de tener un flujo cruzado dentro de la masa líquida y en consecuencia evitar zonas muertas.

Las gradientes de velocidad en esos pasajes deben ser inferiores a los correspondientes de las cámaras precedentes.

La limpieza periódica de cada unidad se realiza bloqueando esas compuertas y permitiendo el pasaje del flujo a través de orificios practicados en los muros divisorios, que conectan a todas las cámaras del floculador.

1.5.7. Batería de Decantadores de Ecurrimiento Inclinado Entre Placas Planas Paralelas

1.5.7.1. Criterio de Diseño

a) Modelo matemático de Yao

Se resume en la siguiente expresión:

$U_s = U_{em} / (\sin \theta + \cos \theta)$ = velocidad de sedimentación de partículas floculentas = carga hidráulica (m/s, cm/min. ó $m^3/m^2 \cdot d$) determinada en ensayos de tratabilidad en equipos de jarras optimizando los parámetros de mezcla rápida y de floculación, donde;

U_{em} = velocidad media del escurrimiento inclinado entre placas planas paralelas (m/s, cm/min. ó $m^3/m^2 \cdot día$).

θ = ángulo de inclinación de las placas planas paralelas, respecto al plano horizontal donde se apoyan.

$L = l/d - L_t = L/d - C_t \cdot N_R = l/d - C_t \cdot (2d \cdot U_{em} / \nu)$ = longitud relativa del tramo de los canales inclinados entre las placas planas, en donde se tiene escurrimiento completamente desarrollado (régimen laminar) siendo:

l = longitud de los canales = altura de cada placa plana (m).

d = separación libre entre placas planas.

$N_R = 4 R_h \cdot U_{em} / \nu$ = número de Reynolds, para ν = viscosidad cinemática a $T^\circ C$ y $R_h = d \cdot b / 2 (b + b) =$ radio hidráulico (m) (b = ancho de cada placa = ancho de cada canal formado de altura d), (m).

$C_t = 0,065$ = coeficiente de Sparrow, según Tabla 3 del Numeral 8.2. de la Fundamentación – Capítulo VII-6 – Sedimentación.

Como variante del modelo de Yao, se tiene la de Richter, en donde: $L_f = [l - (d + e) \cdot \cos \theta] / d$ = longitud relativa del flujo de transición, donde e = espesor de cada placa plana.

b) Modelo de Di Bernardo

Se aplica para el cálculo la Tabla 15, desarrollada en el Numeral 9.3. de la Fundamentación del Capítulo VII-8 - Sedimentación, en donde en función de la velocidad de sedimentación U_s (cm/min) y de la longitud l (m) (ancho de las placas planas), se determina la velocidad media de escurrimiento entre esas placas planas, U_{em} (cm/min.). Con este valor se calcula el número de canales del flujo ascendente e inclinado y como consecuencia la longitud de las filas de placas planas y en consecuencia la del decantador, siempre en base al caudal Q_f (m^3/min) de esa fila.

El módulo se basa principalmente en los trabajos realizados por investigadores, especialmente los de la Escuela de Ingeniería de San Carlos de la Universidad de San Pablo, Brasil (EESC-USP - São Carlos, Brasil), desde 1990 hasta 1999.

El modelo de Di Bernardo analiza el cálculo del perfil de velocidades en los tramos inicial de transición y final de perfil completamente desarrollado en los conductos, como así también la trayectoria de las partículas en el flujo dentro del conducto.

El modelo combina la sedimentación en los tramos del conducto inicial o de transición y el final, con perfil completamente desarrollado.

La Tabla 15, desarrollada en el Numeral 9.3. de la Fundamentación del Capítulo VII–8 - Sedimentación, especifica para cada velocidad de sedimentación, U_s (cm/min) y velocidad media de escurrimiento en conductos de 60 x 600 mm, U_{em} (cm/min), la longitud necesaria l (m) de ese conducto en el tramo de transición, en el total y en el correspondiente al perfil totalmente desarrollado.

c) Modelo adoptado

De acuerdo al Numeral 3.5.2. Dimensionamiento de la Zona de Decantación, del presente Capítulo, aplicando los modelos de Yao y de Richter se tiene el mismo valor de $U_{em} = 1,35$ cm/min. En cambio con la modificación de Richter esa velocidad media de escurrimiento entre placas es mayor y como consecuencia es menor el número de canales y la longitud de la fila y del decantador.

En el diseño se aplica $U_{em} = 1,35$ cm/min = 0,0225 cm/s.

1.5.7.2. Zonas que Componen un Decantador de Escurrimiento Inclinado

- Sistema de ingreso.
- Zona sumergida intermedia entre filas de placas y tolva de lodos.
- Zonas ocupadas por las filas de placas planas paralelas.
- Zonas sobre las filas de placas planas o sobrenadante.
- Zona de lodos depositados: tolvas de barro.

1.5.7.3. Sistema de Ingreso del Líquido Floculado en Cada Unidad

Se realiza por medio de un conducto sumergido de sección rectangular y altura decreciente, ubicado debajo del canal central y longitudinal, colector superficial de agua sedimentada.

El ingreso al conducto se realiza desde la cámara de acceso que recibe el caudal uniformemente repartido desde el canal de agua floculada.

Se practican orificios de a pares en ambos muros laterales y apoyados en la solera del conducto, con igual separación centro a centro.

En un conducto con salidas laterales, la inercia del fluido hace que se tienda a mantener la dirección del escurrimiento, dificultando el ingreso a los primeros orificios de distribución y facilitando el de los últimos del conducto.

En consecuencia para tener una buena distribución en toda la longitud del conducto, el número de Froude F_0 en el pasaje del caudal q_0 en cada orificio, debe ser mayor que el número Froude F correspondiente a la sección del conducto inmediatamente anterior al orificio.

La relación $r = F/F_0$ estudiada por Miller y aconsejada por Richter, para lograr equirrepartición de caudales debe ser igual o menor a 0,5. Se adopta $r = 0,5$.

En consecuencia para la pérdida de carga h (m) constante en todo el conducto, se tiene:

$$R = 0,5 = U/U_0 = (Q/A) / (q_0/a_0) = a_0/A (Q/q_0)$$

En consecuencia: $A = 2a_0 (Q/q_0)$ = área de la sección del conducto inmediatamente anterior al orificio de sección a_0 (m^2) y caudal q_0 (m^3/s).

Para $a_0 = 0,10 \cdot 0,48 = 0,048 m^2$ = área de cada orificio, se tiene:

$A_1 = 2 \cdot 0,048 (14 q_0/q_0) = 1,344 m^2$ = sección inicial del conducto ($Q = 14q_0$)
(correspondiente al primer par de orificios).

$A_7 = 2 \cdot 0,048 (2q_0/q_0) = 0,192 m^2$ = sección final del conducto ($Q = 2q_0$)
(correspondiente al último par de orificios).

Para $b = 0,80 m$ = ancho constante, es:

$H_1 = A_1/b = 1,68 m$ = altura de la sección inicial del conducto.

$H_7 = A_7/b = 0,24 m$ = altura de la sección final del conducto.

1.5.7.4. Zona Sumergida Entre Filas de Placas y Tolva de Lodos

Se diseña en base al Numeral 10.5. de la Fundamentación, Capítulo VII-8 Sedimentación.

La altura del chorro expandido de cada orificio sumergido de distribución en la zona, no debe interferir la superficie superior de la tolva de lodos y la inferior de las placas.

En el Numeral 3.5.6. Zonas de Decantador del presente Capítulo, se desarrolla el diseño.

1.5.7.5. Zona Sumergida Ocupada por las Placas Planas Paralelas

Los aspectos hidráulicos y del proceso de decantación de escurrimiento inclinado, han sido considerados en el Numeral 3.5.6. del presente Capítulo.

Sistema de recolección y disposición del agua decantada

Se diseñan caños perpendiculares a cada fila de placas planas, los que descargan a un canal central y longitudinal con caída libre o de salida no sumergida, ubicado sobre el conducto sumergido de distribución del agua floculada.

Cada caño horizontal está sumergido 0,10 m debajo de la superficie líquida del decantador. En su generatriz superior se practican orificios circulares por donde cae libremente el caudal decantado correspondiente a cada uno de ellos.

Según Azevedo Netto (Richter en el Manual V – Tomo II del CEPIS – 1992), recomienda la siguiente expresión para asegurar una recolección uniforme.

$a_0 = 0,462 A_c/n_0$ = área de cada uno de los 24 orificios (m^2) siendo:

$n_0 = 24$ = número de orificios en cada caño colector (adoptado).

$A_o = \pi \cdot D_o^2/4$ = área de cada caño (m^2), siendo $D_o = 0,150$ m = diámetro nominal del caño (m).

Para el diseño del sistema se proyectan 20 caños, 10 por cada fila, que dan normalmente un caudal unitario de recolección, de 1,72 l/s.m y para una eventualidad (supresión de un decantador en la 1ª etapa), de 3,44 l/s.m, valores que están dentro de la gama aconsejada de 1,5 a 3,5 l/s.m.

En consecuencia se tiene:

$S_c = 1,105$ m = separación c.a.c. entre caños colectores.

$S_o = 0,10$ m = separación c.a.c. entre orificios.

Tirante líquido o altura del sobrenadante

$H_L = S_c \cdot q_s / (2q_v) = 0,50$ m = altura líquida, de acuerdo a Richter, en donde:

$S_c = 1,105$ m = separación c.a.c. entre caños.

$q_s = 134,39$ m³/d.m² = carga hidráulica = velocidad ascensional en el sobrenadante, para $Q = 0,0825$ m³/s = 7128 m³/d.

$q_v = 0,00172 \cdot 86.400 = 148,608$ m³/d.m = caudal hidráulico a recolectar, para $Q = 0,0825$ m³/s = m³/d.

Según Di Bernardo $H_L \leq 0,5 S_c = 0,553$ m, lo que también se verifica.

1.5.7.6. Tolva de Lodos

Dimensiones de las tolvas de barro

En cada decantador se diseñan dos tolvas paralelas y longitudinales debajo de cada fila de placas planas.

Las características de cada tolva son las siguientes:

$B = 60^\circ$ = ángulo de inclinación de los taludes o paredes laterales.

$H_4 = 1,73$ m = alturas total de la tolva.

$L_t = L = 10,58$ m = longitud de la superficie.

$l_t = 8,58$ m = longitud de la base o solera.

$B_t = 2,80$ m = ancho de la superficie cada tolva.

$b_t = 0,80$ m = ancho de la base o solera.

$V_t = 29,265$ m³ = volumen de cada tolva.

Volumen de lodos producidos

Se aplica para la producción diaria de barro; de Ruiz y colaboradores de Chile.

$Q_L = Q_1 (K_1 \cdot D + K_2 \cdot T) / 100 = 29,938 \text{ m}^3/\text{d} = \text{volumen depositado por día, en cada tolva, donde:}$

$Q_1 = 0,04125 \text{ m}^3/\text{s} = 3564 \text{ m}^3/\text{d} = \text{caudal decantado.}$

$D = 30 \text{ mg/l} = \text{dosis máxima de sulfato de aluminio, adoptado para el diseño.}$

$T = 100 \text{ UT} = \text{turbiedad máxima adoptada para el diseño.}$

$K_1 = 0,024 = \text{coeficiente adoptado}$

$K_2 = 0,0012 = \text{coeficiente adoptado}$

$t_t = V_t / Q_L = 0,98 \text{ d} \cong 1,00 \text{ d} = \text{tiempo mínimo de diseño entre dos descargas consecutivas del lodo depositado, que se deriva al circuito colector general de la planta de tratamiento.}$

Sistema de extracción de los barro depositados

El barro depositado en cada tolva continua se extrae periódicamente mediante un “manifold”, compuesto de un caño colector, exterior y paralelo a la tolva y laterales paralelos, con inclinación 45° respecto a ese colector principal.

La descarga periódica de cada tolva (se estimó un día entre dos limpiezas consecutivas), se realiza accionando una compuerta de bloqueo ubicada al final del caño colector.

El sistema de extracción debe cumplir las siguientes condiciones:

- Que el sistema descargue el mayor volumen posible del lodo depositado, no sólo de la zona cercana a cada orificio sino también del resto de la tolva.
- Que haya equirrepartición, o sea que los orificios descarguen el mismo caudal, previendo una diferencia máxima entre el primero y el último del 10%.

Se aplica el método de cálculo que tiene en cuenta el tercio de la esfera de influencia alrededor de cada orificio. Dentro de esa esfera, la velocidad del escurrimiento hacia el orificio debe ser tal que produzca el arrastre de las partículas decantadas.

Se considera el caso de uno de los muros longitudinales de cada tolva, con inclinación de 60° con la horizontal, en donde se practican los orificios con igual separación.

La esfera tiene un radio $X/2 = b_t = 0,80 \text{ m}$, siendo $X = \text{separación máxima entre orificios.}$

Efectuando cálculos se tiene:

$H = 4,20 \text{ m} = \text{carga hidráulica disponible sobre el centro de cada orificio.}$

$d_o = 0,125 \text{ m} = \text{diámetro adoptado de los } n_o = 7 \text{ orificios.}$

$D_o = 0,500 \text{ m}$ = diámetro del caño colector.

$r = n_o \cdot d_o^2 / D_o^2 = 0,44 < 0,5$ = relación de Miller para múltiples con 7 a 14 entradas, para tener equirrepartición (diferencia entre los caudales de pasaje inferior a 10%, entre el primer orificio y el último).

1.5.8. Batería de Filtros Rápidos

1.5.8.1. Sistema de Filtración Aplicado

Corresponde a unidades con velocidad de filtración variable y decreciente en cada una de las carreras de un ciclo con lavado mutuo.

Se proyecta una batería de filtros por cada módulo o etapa compuesto por $N_f = 6$ = número de unidades filtrantes en paralelo.

Las unidades filtrantes de la batería operan como vasos comunicantes, al estar intercomunicados por orificios sumergidos que desembocan en un conducto común de agua filtrada.

Ese conducto a su vez permite el ingreso a la unidad más sucia, del caudal filtrado que aportan los restantes filtros, aprovechando la diferencia de niveles entre el vertedero general de la batería y los bordes de las canaletas colectoras del agua sucia del lavado (de nivel constante).

La regulación de la velocidad de lavado en el sistema la realiza ese vertedero general.

En los filtros se tiene un nivel mínimo común cuando se empieza la carrera del recién limpiado y uno común máximo en el instante que debe lavarse el más sucio. Mientras dura ese lavado se produce siempre un incremento sobre el nivel máximo.

1.5.8.2. Dimensionamiento

El caudal de diseño de cada batería es $Q = 0,165 \text{ m}^3/\text{s} = 14256 \text{ m}^3/\text{d}$ correspondiente al total de cada etapa.

Para $n = 6$ = número de filtros de la batería, $L_f = 4,20 \text{ m}$ = longitud y $B_f = 2,36 \text{ m}$ = ancho de cada unidad, se tiene para el caudal de diseño:

$U_f = q = 0,2774 \text{ cm/s} = 239,71 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ = velocidad de filtración media = carga superficial media de diseño, valor que puede variar entre 240 y $360 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ cuando se tiene un manto dual de arena y antracita, pudiendo llegar a $500 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ como velocidad máxima eventual, cuando se suprime una o dos unidades de la batería.

1.5.8.3. Niveles Líquidos Operativos

Se aplica el criterio propuesto en el Numeral 2.2.2.2. de la Fundamentación y Capítulo VII-11 Control de los Filtros Rápidos, considerando la Filtración con Velocidad Declinante sin almacenamiento, ya que para plantas de potabilización de mediana capacidad, como es la del proyecto, el almacenamiento no es significativo.

El modelo describe el comportamiento hidráulico de una batería de filtros mediante una serie de ecuaciones. Estas determinan las variaciones de los niveles líquidos que ocurren en el canal común de agua decantada y también las velocidades máximas y mínimas de filtración, a partir de una carga hidráulica máxima disponible de 0,7394 m \cong 0,74 m (en filtros convencionales no es inferior a 1,50 m).

Se denomina ciclo de cada filtro al período entre dos lavados consecutivos y se compone de n carreras, siendo n = número de unidades de la batería.

En el modelo, se analiza el desarrollo del cálculo de los niveles de la batería, $N_{\min} = N_1$ cuando se comienza la carrera del recién lavado, $N_{\max} = N_2$, cuando se debe lavar el más sucio y $N_L = N_3$ = durante el lavado de una unidad de la batería.

En el Numeral 3.6. Filtración con Velocidad Decreciente y Autolavado, del presente Capítulo, se aplica el método de cálculo.

1.5.8.4. Lavado Mutuo de la Batería

El lavado del filtro más sucio de la batería comienza cerrando la compuerta de ingreso del flujo desde el canal común de agua decantada y abriendo la correspondiente a la descarga del agua sucia.

El nivel líquido en el filtro baja hasta que sea inferior a la cota del vertedero general de la batería. En ese momento empieza a fluir el caudal de las restantes unidades en sentido ascendente desde el canal común de agua filtrada que los intercomunica, para volcarse a las canaletas colectoras del agua sucia y su descarga a través de aquella compuerta.

El valor $h_L = N_v - N_c$ = carga hidráulica para producir la velocidad del lavado del manto filtrante (N_v = cota del vertedero general y N_c = ídem del coronamiento de las canaletas), es igual a la suma de las pérdidas de carga en el escurrimiento ascendente del caudal necesario para la fluidificación suministrado por las restantes unidades de la batería.

Dos canaletas suspendidas en los muros laterales longitudinales en cada filtro, completan el sistema de recolección del agua sucia durante el lavado del respectivo filtro.

En el Numeral 3.6 del presente Capítulo, se desarrolla el cálculo del sistema del lavado de cada unidad.

1.5.8.5. Operación de la Batería

Operación normal

Cuando se opera una batería en la primera etapa para el caudal de diseño $Q = 0,165 \text{ m}^3/\text{s}$, se tienen los siguientes parámetros:

$U_f = q = 0,2774 \text{ cm/s} = 239,67 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$ = velocidad media de filtración = carga hidráulica media, de diseño de cada unidad de la batería.

$q_{\max} = q_1 = 0,463 \text{ cm/s} = 400,00 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$ = velocidad máxima cuando un filtro está recién limpiado de la batería.

$N_1 = 55,09 \text{ cm}$ = nivel líquido mínimo en la batería cuando un filtro está recién lavado (respecto al nivel del vertedero común), o nivel dinámico mínimo.

$N_2 = 73,94 \text{ cm}$ = nivel líquido máximo en la batería cuando debe lavarse la unidad más sucia, o nivel dinámico máximo.

$h_o = N_2 - N_1 = 18,85 \text{ cm}$ = diferencia constante en la batería durante la operación de la batería de 6 filtros.

$U_{L \text{ máx}} = 1,00 \text{ m/mín}$ = velocidad máxima de lavado admitida.

$U_{L \text{ mín}} = 0,55 \text{ m/mín}$ = velocidad mínima de lavado admitida.

Cuando no opera un filtro de la batería en la primera etapa

$U_f = q = 0,3329 \text{ cm/s} = 287,61 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$ = velocidad media de operación, valor aceptable (se acepta hasta $360 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$ como valor medio).

$q_{\text{máx}} = q_1 = 0,5556 \text{ cm/s} = 480,00 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$ (se acepta hasta $600 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$ por cortos períodos).

$U_{L \text{ máx}} = 0,833 = \text{m/mín}$ = velocidad máxima de lavado, también aceptable para una fluidificación requerida del manto filtrante.

Cuando no operan dos unidades de la batería en la primera etapa

$U_f = q = 0,4161 \text{ cm/s} = 359,51 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$ = velocidad media de filtración (se acepta por las razones arriba especificadas).

$q_{\text{máx}} = 0,6944 \text{ cm/s} = 600 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$ = velocidad máxima de filtración, durante una carrera (aceptable por ser de corta duración).

$U_L = 0,67 \text{ m/mín}$ = velocidad de lavado, valor que puede aceptarse (depende del grado de limpieza requerida).

Conclusiones

- Cuando no operan dos filtros de la batería, no habría problemas operativos.
- Cuando son tres los filtros que no operan, hay que disminuir el caudal operativo y la duración de las carreras.

1.5.9. Sistema de Desinfección

El cloro líquido a presión está contenido en cilindros metálicos de 1 Tn de capacidad. Sirven para su almacenamiento y liberación como gas al reducirse esa presión.

Los cilindros en operación están acostados sobre balanzas para medir el cloro remanente, otros están llenos para tener una reserva para un período no inferior a un

mes y los restantes vacíos para su reposición. Los cilindros, las balanzas y el sistema de maniobra de aquéllos, están ubicados en una sala especial.

En una sala contigua se instalan los equipos dosadores (uno en operación y otro de reserva), que a través de un vacío producido por un eyector, se ocasiona la extracción del gas cloro de los cilindros.

El eyector (otro de reserva) tiene las siguientes funciones:

- Ocasiona el vacío requerido por el clorador en operación.
- Sirve como válvula de retención del gas cloro.
- A fin de tener la solución clorada requerida en la desinfección, provoca la mezcla íntima del gas cloro con el agua tratada inyectada mediante una electrobomba en línea.

La cañería que conduce la solución clorada tiene en su extremo un difusor. Este se ubica en la caída libre del vertedor general de la batería, o sea inyecta esa solución en la cámara colectora de agua filtrada de ambas etapas.

Las cisternas reservas de agua tratada deben servir también como cámaras de contacto. Para ello se dividen en tres canales con flujo a pistón sinuoso, mediante muros medianeros paralelos.

La sala de tambores y balanzas, para 1 cilindro operando, 2 llenos como reserva y 1 vacío para su reposición, debe permitir una circulación adecuada, con buena ventilación. Para ello se proyecta uno de los muros laterales y el portón de acceso, de alambre tejido, además de extractores colocados sobre el piso.

Se prevén analizadores de cloro residual y un registrador de cloro, en la sala de cloradores.

Una ventana intermedia permite la visualización entre la sala de cilindros y la de cloradores. En ésta, la puerta debe abrir hacia fuera.

Las canalizaciones, válvulas y accesorios deben seguir la normativa vigente al respecto.

El sistema de neutralización del gas cloro por eventuales pérdidas, se basa en la reacción química cuando se tiene el contacto del cloro y una solución acuosa de hidróxido de sodio, produciendo una solución de cloruro de sodio en una columna de neutralización. Ésta se compone de un lecho de anillos tipo Pall, por donde circulan a contracorriente el cloro y la solución de soda cáustica (hidróxido de sodio) Se asegurará la neutralización del escape eventual de un contenedor de 1.000 Kg. de cloro

1.5.10. Neutralización del pH

El agua tratada y desinfectada para el abastecimiento de la población puede tener un pH inferior al de saturación, debido al proceso de coagulación. Por ese motivo se debe inyectar en la salida de las reservas, suspensión o lechada de cal para llevar el pH a ese valor.

La lechada de cal es preparada al 2,5% e inyectada al 1% mediante el agregado de agua de dilución. La conducción hasta la reserva se realiza mediante una cañería a presión, en donde por su extensión deben proyectarse descargas intermedias, a fin de evitar atascamientos eventuales.

1.5.11. Sistema General de los Desagües de la Planta de Tratamiento

Está compuesto por dos tramos desde:

- Casa Química a la batería de decantadores de la primera etapa.
- Desde esa batería hacia la disposición final.

El caudal de descarga de una unidad de la batería de decantadores de la primera etapa ($0,394 \text{ m}^3/\text{s}$) es la que gobierna el diseño del tramo, considerando que el caudal máximo del lavado de una unidad filtrante es menor ($0,330 \text{ m}^3/\text{s}$) y que no debe haber simultaneidad en la operación del lavado y limpieza de los reactores de la planta de tratamiento.

En consecuencia se tiene:

Primer tramo : $D = 0,300 \text{ m}$ e $i = 5\text{‰}$ (valores adoptados).

Segundo tramo : $D = 0,500 \text{ m}$ e $i = 6,7\%$, para $h/D = 0,8$, $n = 0,010$ y $Q = 0,394 \text{ m}^3/\text{s}$ (según Tabla de Woodward y Posey).

1.5.12. Cisternas de Reserva de Agua Tratada

Se proyectan cuatro cisternas de base rectangular, dos en cada etapa.

Deben servir como cámara de contacto de cloro, produciendo flujo a pistón entre tabiques divisorios. La inyección de la lechada de cal se efectúa a la salida de las cisternas.

Cada cisterna tiene un volumen líquido total de 2.376 m^3 , para una permanencia de 8 h. La longitud es de 34,35 m, el ancho de 24,40 m y altura líquida máxima promedio de 2,87 m.

Para la limpieza y descarga de cada tanque se proyecta la solera con una pendiente del 5‰ hacia una canaleta colectora, también con esa pendiente hacia un recinto ubicado en una de las esquinas del tanque, desde el cual arranca la cañería de limpieza, de diámetro 400 mm. Un caño de alivio vertical se conecta a esa cañería.

También se proyectan ocho ventilaciones ubicadas en la cubierta.

Los conductos de ingreso y salida del agua tratada son de diámetro 400 mm.

Se diseña un recubrimiento con terreno natural sobre la cubierta para preservar la cisterna del cambio de temperatura, además de una entrada hermética de hombre en cada uno.

1.5.13. Casa Química

Es el sector de la planta potabilizadora donde se efectúa el almacenamiento, preparación y dosificación de los productos químicos: sulfato de aluminio granular, cal hidratada y polielectrolito.

1.5.13.1. Sulfato de Aluminio Granular

Tolvas de preparación

En las mismas se prepara la solución de sulfato de aluminio al 5% (50 g/l), o sea 54 g/l para un producto comercial al 16% de óxido de aluminio.

Se proyectan 4 tolvas, de sección cuadrada, de 2,00 m de lado y una altura total de 1,80 m (1,50 útil) (sin considerar la tolva tronco-piramidal para alojar los inertes), o sea un volumen útil de 6,00 m³.

En consecuencia hay dos tolvas con solución para un día de consumo, de 570,24 Kg/d para 20 mg/l de dosis promedio.

Las restantes dos tolvas se proyectan como reserva. En la primera etapa se requieren dos tolvas (uno de reserva).

Los inertes se depositan en la tolva inferior, estimándose 27 días su permanencia máxima, para un volumen unitario de 0,525 m³.

Dosificación

Se proyectan dos bombas dosadoras a diafragma, con capacidad entre 50 y 500 l/h (una de reserva), para dosificar en la canaleta Parshall una solución al 5%. A su vez se debe inyectar en el comienzo del resalto una solución diluida con agua tratada, del 0,5 a 2,0% según sea la concentración óptima a determinar en el Laboratorio.

Almacenamiento

Se debe realizar en tarimas elevadas respecto al piso de la sala. Se proyecta una reserva de 32,4 días para una altura de 1,80 m y base de 13,23 m² para la estiba de bolsas con material granular.

1.5.13.2. Cal Hidratada

Se considera un consumo del 50% del correspondiente al sulfato de aluminio.

En consecuencia se proyectan dos tanques (uno de reserva), similares a los del sulfato de aluminio.

La lechada de cal se prepara al 2% de cal viva para ser dosificada mediante dos bombas electroneumáticas (una de reserva). A fin de evitar atascamientos en el conducto de inyección en la salida de las cisternas de reserva se ha previsto la posibilidad de llevar esa concentración a 0,5% mediante dilución con agua tratada.

El almacenamiento de las bolsas con el contenido de cal hidratada (entre el 65 al 75% de óxido de calcio), se efectúa en tarimas sobreelevadas de 6,24 m² de área y 1,80 m de altura.

1.5.13.3. Polielectrolito

Se proyecta un tanque de preparación, igual a los del sulfato de aluminio y cal hidratada.

El almacenamiento de las bolsas de 20 Kg, se puede efectuar en una tarima ubicada a un costado del tanque de preparación.

Un dosador semejante al de la solución de sulfato de aluminio, pero de menor capacidad, inyectará la solución al 0,1% (debido a su alta viscosidad). Los sitios de aplicación son en una de las cámaras de floculación, en el canal de agua floculada o en el canal de agua decantada, si se tiene el sistema convencional (según Richter), o antes del ingreso al canal común de distribución a la batería en la filtración directa.

La utilización de polielectrolito debe ser determinada en el Laboratorio, ya que puede no ser necesaria su aplicación.

2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

2.1. GENERALIDADES

La instalación eléctrica de la Planta de Tratamiento de Agua (caudal de diseño 330 l/s) prevé la alimentación y el control local de los equipos intervinientes en el proceso de tratamiento de agua.

En forma resumida, los consumidores previstos son:

- Floculadores.
- Mezcladores.
- Bombas de cloración.
- Bombas de dosificación de productos químicos.
- Equipos de laboratorio.
- Máquinas portátiles a tomas de corriente.
- Extractores de aire.
- Alumbrado interior del edificio.
- Alumbrado de las instalaciones exteriores.

En tablas incluidas en los correspondientes esquemas unifilares, se establece la potencia instalada de cada consumidor y la potencia total simultánea de funcionamiento de los distintos tableros de la planta, lo que determina el dimensionamiento de los equipos eléctricos y los cables de alimentación en baja tensión.

2.2. PUNTO DE ALIMENTACIÓN

Se plantea la alimentación eléctrica desde un sólo punto en baja tensión, correspondiente a la compañía eléctrica de la localidad respectiva.

No se prevé la instalación de un grupo de alimentación de emergencia.

2.3. TABLEROS DE BAJA TENSIÓN

2.3.1. Características Generales

Se ha previsto un tablero general (TGRAL) de distribución en 3. 380 / 220 V - 50 Hz, al que se acomete, mediante interruptor termomagnético, desde el punto de alimentación y

se debe realizar, también mediante interruptores termomagnéticos, las salidas a los diferentes tableros secundarios.

En los tableros secundarios se debe instalar un interruptor general de corte en carga, sin relés de protección, ya que esta función está encomendada al correspondiente interruptor automático de salida del Tablero General.

Las salidas a motores deben incluir la asociación de interruptor magnético (o guardamotor), contactor y relé térmico con calibre adecuado a la corriente nominal del motor.

Dada la pequeña potencia de los motores se prevé el arranque directo de los mismos.

El agrupamiento de servicios a atender por cada tablero secundario se ha realizado teniendo en cuenta los elementos correspondientes a cada sector de proceso de la planta y la ubicación del tablero.

Los tableros deben cumplir constructivamente con la Especificación Técnica de Tableros – Equipos de Maniobra, Medición y Protección (Punto 6.3 de la Fundamentación de las Instalaciones Eléctricas).

Se han previsto los siguientes tableros secundarios.

- FLOC/I para la batería I de floculadores, situado en el exterior próximo a los mismos.
- FLOC/II ídem para la batería II de floculadores.
- MIXERS para los mezcladores, situado en la sala de dosificación y preparación de productos químicos.
- BCLORA para las bombas de cloración, situado en la pared exterior de la sala de cloración.
- DOSIF para las bombas de dosificación de productos químicos, situado en la sala respectiva.
- IL/FM para servicios generales, tomacorrientes y alumbrado, situado en la sala de tableros.

2.3.2. Características Particulares

En la **Tabla 1** se definen las características particulares de los tableros.

La composición de los tableros se encuentra definida en los correspondientes Esquemas Unifilares.

El equipamiento se encuentra agrupado por sectores típicos, bajo cuyo concepto se debe realizar la distribución interna de tablero y el diseño de su frente.

Característica particular	T. GRAL	FLOC I / FLOC II	MEZCLADORES	B CLORA	DOSIF	IL / TM
Función Principal	Distribución General	Alimentación y control de proceso				Distribución servicio
Tensión / Frecuencia nominal	500 V – 50 Hz					
Tensión de servicio	3 . 380 / 220 V					
Nivel de cortocircuito (simétrico trifásico)	15 kA	5 kA				
Instalación	Interior	Exterior	Interior Expuesto Salpicaduras	Exterior	Interior Expuesto Salpicaduras	Interior
Cerramiento (S / IRAM 2244)	IP41	IP54 con puerta anterior	IP54	IP54 con puerta anterior	IP54	IP41
Tipo de Ejecución	Fija					
Montaje	Sobre base		Sobre pared			
Acceso cables	Inferior					
Requerimientos de control	Manual local desde el frente					

Tabla 1. Características particulares de los tableros

2.4. MOTORES

Las características mecánicas y eléctricas de los motores eléctricos destinados al accionamiento de los equipos de la planta, debe cumplir con la Especificación Técnica de Motores (Punto 6.5 de la Fundamentación de las Instalaciones Eléctricas).

2.5. CABLES DE BAJA TENSIÓN

2.5.1. Características Generales

Los cables destinados al suministro de potencia deben ser en conductores de cobre, aislados en PVC, aptos para tensiones de hasta 1,1 kV.

Deben cumplir con la Especificación Técnica de Cables (Punto 6.9 de la Fundamentación de Instalaciones Eléctricas).

Los cables deben tener vaina exterior de PVC. La capa aislante, el relleno y la envoltura exterior debe ser del tipo antillama.

Los cables para las instalaciones fijas, correspondientes a las obras civiles, deben ser del tipo de vaina simple.

2.5.2. Cables de Alimentación a Tableros

Los cables de alimentación principal a los tableros se han dimensionado teniendo en cuenta la carga admisible.

Los valores obtenidos se afectaron por los factores de corrección por temperatura, resistividad del terreno, agrupamiento y tipo de tendido.

Se realizó la verificación de los cables a la caída de tensión y al cortocircuito.

La máxima caída de tensión impuesta fue del 5%, dividida en 3% entre el punto de suministro y el tablero general TGRAL y en 2% entre el TGRAL y cualquier tablero secundario.

2.5.3. Cables de Alimentación a Motores

Dada la baja potencia instalada de los motores, sus cables de alimentación deben ser tetrapolares, es decir, el conductor de tierra puede formar parte del propio cable. Esta disposición está justificada por tratarse de pequeños motores que no requieren de grandes secciones de cable para su alimentación, resultando un tipo de instalación más estética y de menor costo que si se lleva el cable de tierra independiente a cada motor.

Para los cables que se instalen en canalizaciones subterráneas fuera del edificio, la sección mínima debe ser de 4 mm².

2.5.4. Cables de Alumbrado Exterior

Por tratarse de la aplicación de lámparas de descarga, las redes deben estar previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas.

La carga prevista en voltamperios debe ser de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas de descarga que alimenta.

La sección mínima prevista en instalación subterránea, debe ser de 4 mm².

2.6. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

2.6.1. Instalaciones de Iluminación y Tomas en el Interior del Edificio

Se deben emplear canalizaciones empotradas en las obras civiles utilizando caños, cajas de pasos, curvas y otros accesorios de acero del tipo semipesado

El dimensionamiento se debe realizar considerando un grado de relleno del caño destinado a alejar los cables, de manera tal que sea factible su tendido, mantenimiento y remoción. El porcentaje de sección útil de los caños es el siguiente:

N° de cables por caño	Sección útil del caño
1	50%
2	30%
3 ó más	40%

Cada caño estará recorrido por un cable de Cu desnudo de p.a.t., de sección 2,5 mm².

2.6.2. Instalaciones Exteriores

Se deben realizar empleando canalizaciones enterradas, utilizando caños enterrados formando cañeros.

Los caños son de PVC del tipo reforzado.

Los caños destinados a potencia se deben ubicar en la periferia de los cañeros, pudiendo alojar un solo cable (tripolar, tetrapolar o su equivalente en unipolares) por cada caño. En los cañeros troncales, entre cámaras, se pueden agrupar cables.

Los caños destinados a comando o señalización pueden estar ubicados en cualquier posición, pudiéndose agrupar cables en un mismo caño, siempre que el nivel de ruido de los circuitos lo permita.

Cada cañero está recorrido por un cable de Cu desnudo de puesta a tierra, de sección adecuada al nivel del cortocircuito.

Todos los caños deben estar sólidamente soportados y posicionados con espaciadores, los que deben permitir el colado del hormigón. Se recomienda instalar espaciadores cada 1,5 m.

Los caños deben tener una pendiente del 1% entre cámaras, o en caso de no poderse efectuar, se debe materializar desde el punto medio del caño hacia ambas cámaras.

El diámetro mínimo de un caño enterrado es de 1".

El número de curvas, entre extremos de un tendido de caños, no superará los siguientes valores:

Distancia	N° de veces una curva de 90°
más de 120 m	0
hasta 90 m	1
hasta 60 m	2
hasta 30 m	3

Se consideran dos curvas de 45° equivalente a una curva de 90°. En caso de requerirse más curvas que las señaladas, se debe instalar cajas de paso o cámaras de tiro.

2.6.3. Acometida a Motores y Otros Equipos

La acometida a motores y otros equipos interiores o exteriores, se debe realizar con canalizaciones a la vista.

De acuerdo a la aplicación, estas canalizaciones son rígidas o flexibles.

- *Rígidas*

Se deben utilizar caños de acero galvanizado.

En caso de instalaciones a la vista dentro de cielorrasos y para canalizaciones de iluminación, los caños pueden ser de hierro tipo pesado.

Se debe colocar cajas de paso en la cantidad necesaria, evitando el uso de cajas individuales

Entre cajas de paso se deben permitir a lo sumo dos curvas de 90°.

Se consideran dos curvas de 45° equivalentes a una curva de 90°.

Los caños se deben fijar a la obra civil mediante soportes de perfiles y grampas.

- *Flexibles*

Los flexibles a instalar son de primera calidad, debiendo tener malla metálica.

Se debe considerar la longitud de los mismos tal que permita la ejecución del radio mínimo de curvatura requerido para la instalación de los cables.

El curvado del flexible no debe producir secciones contraídas.

2.7. PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES

El tablero general TGRAL debe contar con una barra de puesta a tierra, de acuerdo a la Especificación Técnica de Tableros, Equipos de Mampara, Medición y Protección (Numeral 6.3 de la Fundamentación de las Instalaciones Eléctricas).

Junto a los cables de potencia de BT se debe tender cables de cobre desnudo para la puesta a tierra de las carcazas de los motores y tableros seccionables.

La barra de puesta a tierra colectora principal ubicada en el tablero general se debe conectar a una toma de tierra exterior, por medio de un cable desnudo de cobre de 35 mm² (mínimo).

La toma de tierra exterior se debe realizar con jabalinas tipo cobre-acero, simplemente hincadas, instalándose la cantidad de jabalinas necesaria para asegurar una resistencia a tierra no superior a 5 ohms.

La conexión de los chicotes a las jabalinas se debe realizar mediante morseto adecuado, dentro de una cámara de inspección y medición (con tapa) de dimensión adecuada.

2.8. SERVICIOS E ILUMINACIÓN INTERIOR

2.8.1. Iluminación de Salas

La iluminación de las distintas salas del edificio se debe realizar con artefactos para dos lámparas fluorescentes de color blanco neutro de 36 W cada una.

De acuerdo a la sala, el tipo de luminaria es estándar o estanca.

Cada luminaria debe incluir el capacitor de corrección del factor de potencia, el que es mayor de 0,85.

Las características particulares de estas luminarias son:

1). Luminaria standard

Tendrá chasis en material sintético resistente al calor o metálico, con difusor de lamas y V central esmaltada en color blanco. Equipo eléctrico de alto factor accesible y oculto por la V central de la lama. Apoyo por medio de anclajes regulables en altura. Para las labores de mantenimiento en lama podrá abatirse sobre uno de los laterales de la luminaria. Incluirá tubos fluorescentes (2 . 36 W) y equipo de encendido de alto factor.

2). Luminaria estanca

Debe ser hermética por medio de envoltorio de policarbonato. Protección IP 65, Clase 1. Material antivandálico, autoextinguible y ecológicamente reciclable, tanto el chasis como el difuso. Se debe incluir tubos fluorescentes (2 . 36 W) y equipo de encendido de alto factor.

3). Cómputo de luminarias

En las distintas salas se deben instalar la cantidad y tipo de luminarias siguientes:

Sala	Tipo	Cantidad
Sala de tambores y balanzas	Standard	4
Sala de cloración	Estanca	1
Laboratorio	Standard	4
Sala de tablero eléctrico	Standard	1
Sala de depósito, dosificación y preparación	Estanca	6 + 4 (2 circuitos)
Sala de medición	Standard	2
Sanitarios	Standard	3

4). Interruptores de efecto

Los interruptores para los circuitos de iluminación deben ser del tipo de embutir a tecla, de una capacidad mínima de 6 A, y se deben ubicar a una altura de 1,20 m respecto del nivel del piso terminado.

En la elección de la capacidad del interruptor se debe tener en cuenta, además de la corriente nominal, las características del circuito a maniobrar, según el tipo de lámpara y el factor de potencia involucrado.

2.8.2. Circuitos de Tomacorrientes y Otros Servicios

Las salas deben contar con circuitos de tomacorrientes monofásicos y en ciertas salas de circuitos de tomacorrientes trifásicos (3 . 380V) para fuerza motriz.

Los otros servicios con que cuentan algunas salas, como ser: extractores de aire y aparejos se debe alimentar de los circuitos de tomacorrientes.

1). Tomacorriente

Los tomacorrientes monofásicos deben ser de embutir para 220 V-10 A y estar colocados a 0,30 m de altura.

2). Cómputo de tomacorrientes y otros servicios

Sala	Tomacorrientes monofásicos	Tomacorrientes trifásicos	Otros servicios
Sala de tambores y balanzas	2	1	Extractor aire Aparejo
Sala de cloración	1	-	-
Laboratorio	4	-	-
Sala de tablero eléctrico	1	-	-
Sala de depósito, dosificación y preparación	4	1	Extractor aire
Sala de medición	2	-	-
Sanitarios	3	-	-

2.8.3. Iluminación Exterior

La iluminación exterior se debe calcular por el método de punto por punto.

El nivel de iluminación debe ser de 20 lux en las zonas de trabajo de las unidades y sus accesos verticales y horizontales.

La red de alimentación exterior debe ser trifásica, alternando la alimentación de las columnas de cada fase.

La iluminación se debe realizar preferentemente con artefactos con lámparas de vapor sodio de alta presión, del tipo de alumbrado público.

Se debe prever la instalación de interruptores fotoeléctricos, que se conectan las luminarias al reducirse el nivel de luz ambiente.

Las columnas de acero deben ser rectas, con o sin pescante, de tubos de acero, en tramos soldados o trafilados.

Deben poseer ventanas para entrada de cables subterráneos y cajas para conexiones.

Los cables de alimentación se deben tender en canalizaciones subterráneas de caños de PVC.

Las columnas deben estar conectadas al sistema de puesta a tierra, a través de un conductor de cobre desnudo de sección adecuada, formando una red ligada a la puesta de los tableros.

3. MEMORIA TECNICA Y DE CALCULO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO: 330 L/S

3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Según cálculos indicados en el Anexo I se tiene para el diseño de Planta de Tratamiento:

P_o	= población inicial en la puesta en marcha	76.660	hab.
P_{10}	= población inicial a los 10 años	98.331	hab.
P_{au}	= final a los 20 años (período de diseño)	118.000	hab.
d_I	= dotación media de producción de la 1ª etapa	150	l/d . hab.
d_{II}	= dotación media de producción de la 2ª etapa	200	l/d . hab.
α_1	= coeficiente máximo diario de diseño en la 2ª etapa	1,2	
α_1	= coeficiente máximo diario de diseño en la 1ª etapa	1,4	
Q_T	= capacidad instalada total de producción de la planta de tratamiento = 28.512 m³/d = caudal máximo diario a 20 años	330	l/s
N_m	= número de períodos o etapas de diseño	2	
T	= temperatura de diseño (medio del mes más frío)	15	

3.2. SISTEMA DE INGRESO DEL LÍQUIDO A TRATAR

3.2.1. Cámara Amortiguadora de Energía

Z	= 748.500 h . ($Q_r h^{1/2} / g^{1/2} V$) ^{2,47577} = oscilación máxima que se produce en la masa líquida (aceptable). Expresión de Cotta y Barbero, desarrollada en la Memoria Descriptiva del Proyecto	0,10	m
h	= distancia entre el eje del caño de entrada a la cámara y la cresta del vertedero de descarga en la salida	1,00	m
p	= altura del vertedero (distancia entre la cresta y la solera de la cámara)	2,84	m
g	= aceleración de la gravedad.	9,8	m/s²
V	= L.B.H. = volumen líquido de la cámara	63,000	m³

L = longitud del volumen líquido	7,00	m
B = ancho del volumen líquido	3,0	m
H = altura del volumen líquido	3,00	m

3.2.2. Cámara de Carga de la Planta

$h_v = (Q_T / 1,705 L_v)^{2/3}$ = tirante líquido sobre el umbral del vertedero de descarga de la cámara amortiguadora a la de carga	0,161	m
Q_T = caudal de pasaje o total de diseño	0,330	m ³ /s
$L_v = B$ = longitud de la cresta = ancho de las cámaras	3,00	m
Ah = caída libre desde la cresta del vertedero	0,20	m
$H_c = H - (Ah + h_v)$ = altura líquida de la cámara	2,64	m
$B_c = B$ = ancho de la cámara	3,00	m
L_c = longitud de la cámara	1,20	m
$V_c = H_c \cdot L_c \cdot B_c$ = volumen líquido de la cámara	9,504	m ³
$t_c = V_c / Q_r$ = permanencia hidráulica (aceptable)	28,8	s

3.2.3. Cañería de Ingreso que Conecta la Cámara de Carga con el Aforador Parshall

Q_T = caudal total de ingreso	0,330	m ³ /s
$U_T = 4 Q_T / \pi D^2$	1,167	m/s
Q = caudal de diseño de un módulo (1 ^{ra} etapa)	0,165	m ³ /s
$U = 4Q / \pi D^2$	0,586	m/s
L = longitud del tramo de cañería de plástico	16,00	m
D = diámetro de la cañería	0,60	m
C = coeficiente de rugosidad adoptado para caños de plástico. El cálculo se efectúa en la Planilla de Cálculo del Perfil Hidráulico	135	

3.2.4. Medición de Caudales a Tratar con un Aforador Parshall

W	= módulo del aforador = ancho de la garganta. En la Memoria Descriptiva se especifica su adopción	0,915	m
A	= longitud de los muros laterales del sector horizontal y convergente de la entrada	1,677	m
B	= longitud de la solera del sector convergente	1,645	m
C	= ancho mayor del sector divergente de salida	1,220	m
D	= ancho mayor del sector convergente	1,572	m
F	= longitud de la garganta de solera en pendiente	0,610	m
L	= longitud del sector divergente de solera en rampa	0,915	m
K	= desnivel entre la solera horizontal del sector convergente y el umbral del sector divergente	0,076	m
N	= desnivel entre extremos de la solera de la garganta	0,229	m
h_0	= $K \cdot Q^n = 0,608 Q^{0,639}$ = tirante líquido en el pasaje del caudal Q (m^3/s), medido en el canal convergente, a $2/3 D = 1,353$ m		(m)
	$D' = 2/3 (D - W) + W$ = ancho del canal convergente a $2/3 D$ de la garganta, donde se mide h_0	1,008	m
h_{0II}	= tirante líquido medido para $Q_T = 0,330 m^3/s$	0,299	m
h_{0I}	= tirante líquido medido para $Q = 0,165 m^3/s$	0,192	m

3.3. MEZCLA RÁPIDA EN MEDIDOR PARSHALL

3.3.1. Para la Primera Etapa: Módulo Para $Q = 0,165 m^3/s$

q	= Q/W = caudal unitario	0,1803	$m^3/s \cdot m$
h_0	= tirante líquido medido en la Parshall	0,192	m
D'	= $2/3 (D - W) + W$ = ancho del canal convergente a $2/3 B$	1,097	m
U_0	= $Q/(D' \cdot h_0)$ = velocidad en la sección de medición	0,635	m
E_0	= $E_1 = U_0^2 / 2g + h_0 + N$ = energía específica en la sección de medición, respecto al nivel inferior de la garganta = ídem en el inicio del resalto.		m

E_1	$= U_1^2 / 2g + q / U_1$ ∴ ecuación de 3 ^{er} grado con U_1 como incógnita		
$\cos \theta$	$= -q \cdot g / (2g \cdot E_1/3)^{1,5}$	-0,36037	
θ	= ángulo auxiliar de cálculo de la ecuación	111,12°	
U_1	$= 2 (2g \cdot E_1/3)^{1/2} \cdot \cos \theta/3$ = velocidad supercrítica producida en el comienzo del resalto producido en el sector divergente	2,713	m/s
h_1	$= q / U_1$ = tirante líquido en el inicio del resalto	0,066	m
F_1	$= U_1 / (g \cdot h_1)^{1/2}$ = número de Froude en h_1 (aceptable)	3,372	
h_2	$= h_1/2 \left[-1 + \left(1 + 8 F_1^2 \right)^{1/2} \right]$ = tirante líquido conjugado de h_1 en el final del resalto	0,283	
U_2	$= q / h_2$ = velocidad en h_2	0,637	m/s
h_3	$= h_2 - (N - K)$ = altura líquida sobre la salida del medidor, final del sector divergente	0,130	m
U_3	$= Q / (C \cdot h_3)$ = velocidad en h_3	1,040	m/s
h_f	$= (h_2 - h_1)^3 / (4h_1 \cdot h_2)$ = pérdida de carga en el resalto	0,137	m
L_r	$= 6 (h_2 - h_1)$ = longitud del resalto (según Smetana)	1,302	m
t_m	$= 2 L_r / (U_1 + U_3)$ = tiempo de mezcla	0,694	s
s	$= (h_0 - h_f) / h_0$ = sumergencia (aceptable)	0,458	
G	$= \left[(\rho \cdot g \cdot h_f) / (\mu \cdot t_m) \right]^{1/2}$ = gradiente de velocidad. En la Memoria Descriptiva se especifica el valor aceptable del parámetro	1303,2	s ⁻¹
ρ	= peso específico del agua para $T = 15^\circ \text{C}$	999,13	Kg/m ³
μ	= viscosidad dinámica del agua a $T = 15^\circ \text{C}$	$1,139 \cdot 10^{-3}$	N.s/m ²
g	= aceleración de la gravedad	9,807	m/s ²

3.3.2. Para el Caudal Total de la Planta, $Q_T = 0,330 \text{ m}^3/\text{s}$

q	$= Q_T / w$ = caudal unitario	0,3607	m ³ /s . m ²
h_0	= tirante líquido medido en la Parshall	0,299	m
E_0	$= E_1 = U_0 / 2g + h_0 + N =$	0,5619	m

$E_1 = U_1^2 / 2g + q / N$	
$\cos \theta = -g \cdot q / (2g E_1/3)^{1,5}$	-0,41638
$\theta =$	114,61°
$U_1 = 2 (2g \cdot E_1 / 3)^{1/2}$	3,013 m/s
$h_1 = q / U_1$	0,099 m
$U_1/(g \cdot h_1)^{1/2}$	3,057
$h_2 = h_1 / 2 [-1 + (1 + 8 F_1^2)^{1/2}]$	0,381 m
$U_2 = q / h_2$	1,084 m/s
$h_3 = h_2 - (N - K)$	0,228 m
$U_3 = Q/(C \cdot h_3)$	1,186 m
$h_f = (h_2 - h_1)^3 / (4h_1 \cdot h_2)$	0,149 m
$L_r = 6 (h_2 - h_1)$	1,692 m
$t_m = 2L_r / (U_1 - U_3)$	0,806 s
$s = (h_0 - h_f) / h_0$	0,502
$G = [(p \cdot g \cdot h_f) / (\mu \cdot t_m)]^{1/2} =$ (También en la Memoria Descriptiva se indica su aceptación)	1261 s ⁻¹

3.4. FLOCULACIÓN MECÁNICA: MEZCLA LENTA EN CÁMARAS

3.4.1. Parámetros de Diseño de las Cámaras en Serie

$N_m =$ número de módulos o etapas	2
$N_f =$ número de filas por módulo	2
$N_c =$ número de cámaras en serie de cada fila	4
$Q_f = Q_T / (N_m \cdot N_f) =$ caudal de diseño de cada fila	0,0825 m ³ /s
$L =$ lado de las cámaras de base cuadrada	2,76 m
$H_1 =$ altura líquida promedio en las cámaras. En la Memoria Descriptiva se especifica la adopción de los valores de gradientes de velocidad en los compartimentos en serie	3,25 m

3.4.2. Intercomunicación Entre Cámaras, Ingreso y Salida de Cada Fila

3.4.2.1. Orificio de Ingreso a Cámara 1

B	= ancho del orificio	0,37	m
H	= altura líquida	0,80	m
U	= $(Q / 4) / (B \cdot H)$ = velocidad media de pasaje	0,279	m/s
R	= $B \cdot H / (2H + B)$ = radio hidráulico	0,150	m
G	= $n \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \cdot R^{-0,7} \cdot U^{1,5} = Z \cdot R^{-0,7} \cdot U^{1,5} = 41,0405 R^{-0,7} \cdot U^{1,5}$ = gradiente de velocidad para $n = 0,014$ (coeficiente de Manning), $\gamma = 9788 \text{ N} / \text{m}^3$ y $\mu = 1,139 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$:	22,8	s ⁻¹

3.4.2.2. Orificios Sumergidos de Pasajes por Muro Divisorio 1-2 y 3-4

B	= H = L = ancho = altura = lado de cada orificio	0,52	m
U	= $(Q / 4) / L^2$ = velocidad de pasaje	0,305	m/s
R	= $L^2 / (4L)$ = radio hidráulico	0,13	m
G	= $Z \cdot R^{-0,7} \cdot U^{1,5}$ = gradiente de velocidad	28,8	s ⁻¹

3.4.2.3. Orificios Superficiales de Pasaje por Muro Divisorio 2-3

B	= H = L = ancho = altura líquida ó lado del orificio	0,52	m
U	= $(Q / 4) / L^2$ = velocidad de pasaje	0,305	m/s
R	= $L^2 / (3L)$ = radio hidráulico	0,173	m
G	= $Z \cdot R^{-0,7} \cdot U^{1,5}$ = gradiente de velocidad	23,6	s ⁻¹

3.4.2.4. Orificio Superficial de Pasaje por la Salida Desde la Cámara 4 al Canal Colector de Agua Floculada

B	= H = L = ancho = altura líquida ó lado del orificio	0,54	m
U	= $(Q / 4) / L^2$ = velocidad de pasaje	0,283	m/s
R	= $L^2 / (3L)$ = radio hidráulico	0,18	m
G	= $Z \cdot R^{-0,7} \cdot U^{1,5}$ = gradiente de velocidad	20,5	s ⁻¹

3.4.3. Equipos Mecánicos: Velocidad de Rotación del Eje Vertical

n_m	= velocidad de rotación del motor, aproximadamente	1460	rpm
$r_{m\acute{a}x}$	= reducción para velocidad de rotación máxima del eje	301,0	
r_{med}	= reducción para velocidad de rotación media del eje	246,0	
$r_{m\acute{i}n}$	= reducción para velocidad de rotación mínima del eje	191,0	
$n_{m\acute{a}x}$	= $n_1 = n_m / r_{m\acute{a}x}$ = velocidad angular máxima del eje = 7,64 rpm:	0,1273	rpm
n_{med}	= $n_2 = n_m / r_{med}$ = velocidad angular media del eje = 5,93 rpm:	0,0989	rpm
$n_{m\acute{i}n}$	= $n_3 = n_m / r_{m\acute{i}n}$ = velocidad angular mínima del eje = 4,85 rpm:	0,0808	rpm

3.4.4. Dimensiones y Número de Paletas Giratorias

3.4.4.1. Cámara N° 1 de la Fila

V_1	= $H \cdot L^2$ = volumen líquido, para $H = 3,25$ m y $L = 2,76$ m:	24,757	m ³
t_1	= $V_1 / (Q / 4)$ = permanencia hidráulica = 300 s	5,00	min.
N_p	= número de placas planas, sujetas de a pares en el eje de giro	8	
R_1	= L_1 = radio de giro del extremo = longitud de cada paleta	1,30	m
b_1	= ancho de cada paleta de espesor 25,4 mm.	0,17	m
ΣA_1	= $N_p \cdot b_1 \cdot R_1$ = área total de la 8 paletas	1,768	m ²
μ	= viscosidad dinámica por $T = 15^\circ\text{C}$ (unidad técnica)	$1,161 \cdot 10^{-4}$	Kg s/m ²
$G_{1.1}$	= $45 \left(n_1^3 \Sigma A_1 \cdot R_1^3 / \mu \cdot v_1 \right)^{1/2}$ = gradiente de velocidad para $n_1 = 0,1273$ rps.	75,1	s ⁻¹
$G_{1.2}$	= $G_{1.1} (n_2 / n_1)^{3/2}$ = gradiente de velocidad para $n_2 = 0,0989$ rps.	51,4	s ⁻¹
$G_{1.3}$	= $G_{1.1} (n_3 / n_1)^{3/2}$ = gradiente de velocidad para $n_3 = 0,0808$ rps.	38,0	s ⁻¹

3.4.4.2. Cámara N° 2 de la Fila

V_2	= V_1 = volumen líquido	24,757	m ³
t_2	= t_1 = permanencia hidráulica: 300 s	5,00	min.
N_p	= número de paletas planas	6	

$R_2 = L_2 =$ radio de giro = longitud de cada paleta	1,30	m
$b_2 =$ ancho de cada paleta de espesor 25,4 mm.	0,15	m
$\Sigma A_2 = N_p \cdot b_2 \cdot R_2 =$ área total del las N_p paletas	1,170	m ²
$G_{2.1} = 45 \left(n_1^3 \cdot \sum A_2 \cdot R_2^3 / \mu \cdot V_2 \right)^{1/2} =$ gradiente de velocidad para $n_1 = 0,1273$ rps.	61,1	s ⁻¹
$G_{2.2} = G_{2.1} (n_2 / n_1)^{3/2} =$ gradiente de velocidad para $n_2 = 0,0989$ rps.	41,9	s ⁻¹
$G_{2.3} = G_{2.1} (n_3 / n_1)^{3/2} =$ gradiente de velocidad para $n_3 = 0,0808$ rps.	30,9	s ⁻¹

3.4.4.3. Cámara N° 3 de la Fila

$V_3 = V_1 =$ volumen líquido	24,757	m ³
$t_3 = t_1 =$ permanencia hidráulica: 300 s	5,00	min.
$N_p =$ número de placas planas, sujetas al eje	4	
$R_3 = L_3 =$ radio de giro = longitud de cada paleta	1,30	m
$b_3 =$ ancho de cada paleta de espesor 25,4 mm.	0,12	m
$\Sigma A_3 = N_p \cdot b_3 \cdot R_3 =$ área total de las N_p paletas	0,624	m ²
$G_{3.1} = 45 \left(n_1^3 \cdot \sum A_3 R_3^3 / \mu V_3 \right)^{1/2} =$ gradiente de velocidad para $n_1 = 0,1273$ rps = 7,64 rps	44,6	s ⁻¹
$G_{3.2} = G_{3.1} (n_2 / n_1)^{3/2} =$ gradiente de velocidad para $n_2 = 0,0989$ rps.	30,5	s ⁻¹
$G_{3.3} = G_{3.1} (n_3 / n_1)^{3/2} =$ gradiente de velocidad para $n_3 = 0,0808$ rps. = 4,85 rps	22,6	s ⁻¹

3.4.4.4. Cámara N° 4 de la Fila

$V_4 = V_1 =$ volumen líquido	24,757	m ³
$t_4 = t_1 =$ permanencia hidráulica: 300 s	5,00	min.
$N_p =$ número de paletas planas, sujetas al eje	4	
$R_4 = L_4 =$ radio de giro = longitud de cada paleta	1,20	m
$b_4 =$ ancho de cada paleta	0,10	m
$\Sigma A_4 = N_p \cdot b_4 \cdot R_4 =$ área total de las N_p paletas	0,480	m ²

$$G_{4.1} = 45 \left(n_1^3 \cdot \sum A_4 \cdot R_4 / \mu \cdot V_4 \right)^{1/2} = \text{gradiente de velocidad para } n_1 = 0,1273 \text{ rps} \quad 34,7 \text{ s}^{-1}$$

$$G_{4.2} = G_{4.1} (n_2 / n_1)^{3/2} = \text{gradiente de velocidad para } n_2 = 0,0989 \text{ rps.} \quad 23,8 \text{ s}^{-1}$$

$$G_{4.3} = G_{4.1} (n_3 / n_1)^{3/2} = \text{gradiente de velocidad para } n_3 = 0,0808 \text{ rps.} \quad 17,5 \text{ s}^{-1}$$

3.4.5. Verificaciones

$$-r = N_p \cdot b_1 \cdot R_1 / H_1 \cdot L = \text{relación aceptable de la 1ª cámara}$$

$$r_{\text{máx}} = N_p \cdot b_1 \cdot R_1 / (H \cdot L) = 0,197 < 20 \quad \%$$

$$(G \cdot t)_{\text{máx}} = (G_{1.1} \cdot t_1 + G_{2.1} \cdot t_2 + G_{3.1} \cdot t_3 + G_{4.1} \cdot t_4) = \text{parámetro adimensional (aceptable)} \quad 64.650$$

$$\Sigma (G_{\text{mín}} \cdot t)_4 = G_{1.3} \cdot t_1 + G_{2.3} \cdot t_2 + G_{3.3} \cdot t_3 + G_{4.3} \cdot t_4 = \text{parámetro adimensional (aceptable)} \quad 32.700$$

$$U_{p \text{ máx}} = 2 \pi \cdot R_1 \cdot n_1 = \text{velocidad periférica máxima de las paletas (aceptable)} \quad 1,04 \text{ m/s} < 1,20 \text{ m/s}$$

3.4.6. Potencia de Cada Equipo Floculador

3.4.6.1. De la Cámara N° 1

$$P_{-1} = \mu \cdot V_2 \cdot G_{1.1}^2 = \text{potencia máxima requerida en el eje} = 0,213 \text{ HP} \quad 16,211 \text{ Kg m/s}$$

$$P_{m1} = \text{potencia del motor adoptado} = 3/4 \text{ HP} \quad 0,75 \text{ HP}$$

$$Z_1 = P_m / P_1 = \text{relación entre ambas potencias} \quad 3,52$$

Por ser $Z_1 > 2,8$ = relación mínima exigida, es correcto P_{m1}

3.4.6.2. De la Cámara N° 2

$$P_2 = \mu \cdot V_2 \cdot G_{2.1}^2 = \text{potencia máxima requerida en el eje} = 0,141 \text{ HP} \quad 10,730 \text{ Kg m/s}$$

$$P_{m2} = \text{potencia del motor adoptado} = 1/2 \text{ HP} \quad 0,50 \text{ HP}$$

$$Z_2 = P_{m2} / P_2 = \text{relación entre ambas potencias} \quad 3,55$$

Por ser $Z_2 > 2,8$ = relación mínima exigida, es correcto P_{m2}

3.4.6.3. De la Cámara N° 3

$$P_3 = \mu \cdot V_3 \cdot G_{3.1}^2 = \text{potencia máxima requerida en el eje} = 0,075 \text{ HP} \quad 5,717 \text{ Kg m/s}$$

$$P_{m3} = \text{potencia del motor adoptado} = 1/4 \text{ HP} \quad 0,25 \text{ HP}$$

$$Z_3 = P_{m3} / P_3 \text{ relación entre ambas potencias} \quad 3,33$$

Por ser $Z_3 > 2,8$ = relación mínima exigida, es correcto P_{m3}

3.4.6.4. De la Cámara N° 4

$$P_4 = \mu \cdot V_4 \cdot G_{4.1}^2 = \text{potencia máxima requerida en el eje} = 0,045 \text{ HP} \quad 3,466 \text{ Kg m/s}$$

$$P_{m4} = \text{potencia del motor adoptado} = 1/4 \text{ HP} \quad 0,25 \text{ HP}$$

$$Z_4 = P_{m4} / P_4 \text{ relación entre ambas potencias} \quad 5,56$$

Por ser $Z_4 > 2,8$ = relación mínima exigida, es correcto P_{m4}

3.4.6.5. Reductores en los Equipos

$r_{\min} \cong 191,0$ = reducción mínima de 1460 rpm, velocidad del motor.

$r_{\max} \cong 246,0$ = reducción media de 1460 rpm, velocidad del motor

$r_{\max} \cong 301,0$ = reducción máxima de 1460 rpm, velocidad del motor.

3.5. DECANTADORES DE ESCURRIMIENTO INCLINADO ENTRE PLACAS PLANAS PARALELAS

3.5.1. Parámetros Adoptados

3.5.1.1. Numero de Decantadores en Cada Etapa

$$N_d = \text{número de decantadores de 2 filas de placas:} \quad 2$$

$$N_f = \text{número de filas de placas planas:} \quad 4$$

3.5.1.2. Caudales de Diseño

$$Q_T = \text{caudal máximo diario a 20 años} = \text{caudal de diseño total} \quad 0,330 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_E = \text{caudal de diseño de cada etapa} \quad 0,165 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_d = \text{caudal de diseño de cada decantador} \quad 0,0825 \text{ m}^3/\text{s}$$

Q_f = caudal de diseño de cada fila 0,0413 m³/s

3.5.1.3. Carga Hidráulica Superficial: Velocidad Crítica de Sedimentación

$U_{sc} = U'_{sc} / K$ = velocidad crítica de sedimentación de diseño:
19,45 m³/m².d = 2,251 . 10⁻⁴ m/s (a verificar en el diseño) 1,35 cm/min.

K = coeficiente de minoración adoptada 1,60

U'_{sc} = velocidad crítica de sedimentación resultante de ensayos de jarras efectuados en el laboratorio para el agua cruda, previamente coaguladas y floculadas: 31,1 m³/m².d

3.5.1.4. Placas Planas Aplicadas

b = ancho de cada placa plana de asbesto cemento 2,40 m

t = altura de cada placa plana 1,20 m

e = espesor de cada placa plana 0,008 m

θ = 60° = ángulo de inclinación de las placas colocadas en un mismo plano horizontal.

3.5.2. Dimensionamiento de la Zona de Decantación

Se diseña la zona de decantación de acuerdo al modelo de Yao y se la verifica con el modelo de Di Bernardo.

3.5.2.1. Modelo de Yao

$U_{sc} = (Q_f / A_o) / (\text{sen } \theta + L \cos \theta) = U_{em} / (\text{sen } \theta + L \cos \theta) =$
 $= Q_f / [A \cdot \text{sen } \theta (\text{sen } \theta + L \cos \theta)]$ = velocidad crítica de
 diseño deducida en pruebas de jarras, según el
 numeral 3.5.1.3.: 2,251 . 10⁻⁴ m/s

Donde:

$L = l/d - L_t$ = longitud relativa del tramo entre placas con escurrimiento inclinado y completamente desarrollado (régimen laminar).

θ = ángulo de inclinación de las placas planas 60°

l = longitud de cada canal de escurrimiento inclinado = altura de cada placa plana 1,20 m

d = separación libre entre placas consecutivas 0,06 m

b	= ancho de cada canal de escurrimiento = ancho de cada placa plana	2,40	m
e	= espesor de cada placa plana	0,008	m
L_t	$= C_t \cdot N_R = 0,0065 \cdot 2d \cdot U_{em} / \nu$ = longitud relativa del tramo inicial con escurrimiento turbulento.		
ν	= viscosidad cinemática para $T = 15^\circ\text{C}$	$1,41 \cdot 10^{-6}$	m^2/s
C_t	= coeficiente de Sparrow (Cap. III - 6 – Sedimentación – Numeral 8.2.1. – Tabla 3 de la Fundamentación)	0,0065	
A_o	$= n_c \cdot b \cdot d$ = sumatoria de las áreas de pasaje entre los n_c canales inclinados $\theta = 60^\circ$, respecto a la horizontal	$(0,072 n_c)$	m^2
A	$= A_o / \sin \theta$ = proyección horizontal de la sumatoria A_o (no incluye la proyección de los espesores de las placas).		

Efectuando iteraciones con U_{sc} , d , l y ν en la expresión de Yao, se tiene:

$$U_{em} = \text{velocidad media del escurrimiento entre placas: } 2,2556 \cdot 10^{-3} \text{ m/s: } 13,53 \text{ cm/min.}$$

En consecuencia:

L_t	$= 2 \cdot 0,0065 U_{em} \cdot d/\nu$ = longitud relativa del tramo de escurrimiento inclinado inicial, donde el régimen es transitorio	1,5433	
L	$= t / d - L_t = 2,20 / 0,06 - 1,5433$ = longitud relativa donde el escurrimiento es completamente desarrollado y se produce la sedimentación de las partículas	18,467	
U'_{sc}	$= U_{em} / (\sin \theta + L \cos \theta)$ = velocidad crítica de sedimentación calculada	$2,2345 \cdot 10^{-4}$	m/s

Al ser $U_{sc} = 2,251 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ adoptada en el ensayo prácticamente igual a la calculada U'_{sc} , se adopta la velocidad $U_{em} \text{ (m/s)}$ resultante de la iteración.

O sea:

A_o	$= Q_f / U'_{sc} (\sin \theta + L \cos \theta)$ = sumatoria de las áreas de pasaje entre canales de escurrimiento inclinado:	18,2786	m^2
n_c	$= A_o / (b \cdot d) = 126,93$: número de canales de escurrimiento inclinado de ancho $b = 2,40 \text{ m}$ y altura $d = 0,06 \text{ m}$. Se adopta	127	

$$L_D = (N_c \cdot d + n_p \cdot e) / \sin \theta + L \cos \theta = \text{longitud total de la fila de placas más la proyección de la primera placa, para } n_p = n_c + 1 = \text{número de canales, } e = 0,008 \text{ m} = \text{espesor de la placa y } L = \text{altura de la placa} = \text{longitud del decantador, siendo } b = B = 2,40 \text{ m el ancho de cada fila:}$$

10,58 m

3.5.2.2. Modelo de Di Bernardo

Se aplica para el cálculo la Tabla 15 “Longitud necesaria de los conductos (m) en función de la velocidad de sedimentación de una partícula discreta U_s (cm/min.) y de la velocidad media de escurrimiento U_{cm} (cm/min.) en el conducto de 60 x 600 mm”, aconsejada por Di Bernardo en la Fundamentación de las Normas – Capítulo VII – 6 – Sedimentación, que se incorpora como **Tabla 2**.

En la **Tabla 2**,

Para $L = 1,20 \text{ m}$ = longitud del conducto, $U_s = 1,35 \text{ cm/min.}$ = velocidad de sedimentación adoptada en el ensayo, se obtienen los siguientes valores interpolando los correspondientes a U_s , U_{em} y L :

$$U_{s1} = 1,0 \text{ cm/min. se obtiene:}$$

$$l_1 = 1,1941 \text{ m para } U_{em1} = 10 \text{ cm/min. y } l_2 = 1,8331 \text{ m para } U_{em2} = 13 \text{ cm/s}$$

$$\text{O sea } U_{emI} = U_{em1} + [(l - l_1) / (l_2 - l_1)]^2 \cdot (U_{em2} - U_{em1}) = \text{velocidad media de escurrimiento, para } U_s = 1 \text{ cm/min. y } l = 1,20 \quad 10,0462 \text{ cm / min.}$$

$$U_{s2} = 1,5 \text{ cm/min. se obtiene:}$$

$$l_1 = 1,1906 \text{ m para } U_{em1} = 15 \text{ cm/min. y } l_2 = 1,6527 \text{ m para } U_{em2} = 20 \text{ cm/mi}$$

$$\text{O sea } U_{emII} = U_{em1} + [(l - l_1) / (l_2 - l_1)] \cdot (U_{em2} - U_{em1}) = \text{velocidad media de escurrimiento, para } U_s = 1,5 \text{ cm/min. y } l = 1,20 \quad 15,1017 \text{ cm / s.}$$

Finalmente para $U_{sc} = 1,35 \text{ cm / min.}$, se tiene:

$$U_{em} = [(U_{emII} - U_{emI}) / (U_{s2} - U_{s1})] \cdot (U_{sc} - U_{sc1}) + U_{emI} = \text{velocidad media de escurrimiento para } U_s = 1,35 \text{ cm / min. y } l = 1,20 \text{ m: } 2,2642 \cdot 10^{-3} \text{ m/s:} \quad 13,585 \text{ cm/s.}$$

Por lo tanto

$$q_1 = U_{em} \cdot b \cdot d = \text{caudal que pasa por cada conducto de ancho } b = 2,40 \text{ m y altura } b = d = 0,06 \text{ m:} \quad 3,2604 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$N_c = Q_f / q_1 = \text{número de canales de escurrimiento entre placas de una fila: } 126,5. \text{ Se adopta:} \quad 127$$

U _s (cm/min)	Velocidad de Escurrimiento (cm/min)														
	10 cm/min			15 cm/min			20 cm/min			25 cm/min			30 cm/min		
	Transición	Total	Perf. des.	Transición	Total	Perf. des.	Transición	Total	Perf. des.	Transición	Total	Perf. des.	Transición	Total	Perf. des.
1.0	0.3780	1.1941	0.8161	0.5659	1.8331	1.2672	0.7537	2.5091	1.7554	0.9439	3.1733	2.2294	1.1317	3.8183	2.6866
1.5	0.3780	0.7617	0.3837	0.5659	1.1906	0.6237	0.7537	1.6527	0.8990	0.9439	2.0992	1.1553	1.1317	2.5344	1.4027
2.0	0.3780	0.5449	0.1669	0.5659	0.8649	0.2990	0.7537	1.2217	0.4680	0.9439	1.5564	0.6125	1.1317	1.8844	0.7527
2.5	0.3780	0.4119	0.0339	0.5659	0.6676	0.1007	0.7537	0.9554	0.2017	0.9439	1.2201	0.2762	1.1317	1.4823	0.3506
3.0	0.3303	0.3303	0	0.5372	0.5372	0	0.7537	0.7789	0.0252	0.9439	1.0006	0.0567	1.1317	1.2191	0.0874
3.5	0.2673	0.2673	0	0.4501	0.4501	0	0.6516	0.6616	0	0.8428	0.8428	0	1.0245	1.0245	0
4.0	0.2195	0.2195	0	0.3750	0.3750	0	0.5539	0.5539	0	0.7213	0.7213	0	0.8823	0.8823	0

Tabla 2. Largo necesario de los conductos (en metros) en función de la velocidad de sedimentación de una partículas discretas y de la velocidad media de escurrimiento en el conducto de 60 x 600 mm

3.5.2.3. Conclusiones

En este caso particular se tiene prácticamente el mismo número de canales en cada fila de placas, o sea $N_c = 127$, $N_p = 128$ y $L_d = 10,58$ m.

- De acuerdo a Normas, para valores inferiores a $20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ para la velocidad media de sedimentación, como es este caso, se propone adoptar $L = 20$ (todo el conducto tiene un régimen completamente desarrollado) y en consecuencia un mayor valor de U_{em} y menor número de canales.
- Cuando opera una sola unidad en la primera etapa con caudal $Q = 0,165 \text{ m}^3/\text{s}$ por alguna eventualidad, se debe tener una velocidad media de sedimentación $U_s^1 = 2U_s = 2 \cdot 2,251 \cdot 10^{-4} = 4,502 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} = 28,9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ valor aún aceptable, para una planta de tratamiento con buena operación.
- De aplicarse la variante propiciada por Richter, se debe tener un mayor valor de U_{em} y en consecuencia menor número de canales y de la longitud del decantador.

3.5.2.4. Verificación del Arrastre de Lados

$U_a = \cos \theta \sqrt{8 \beta_{ar} \cdot g \cdot D_g \cdot (\delta_s - 1) / f}$ = velocidad de arrastre de las partículas depositadas en las placas planas (m/s) propuesta por Camp (1946) para conductos inclinados, donde:

β_{ar} = coeficiente que depende de las características de los flóculos. (Varía entre 0,04 y 0,25) 0,04

D_g = tamaño de las partículas (varía entre 0,00002 y 0,004) 0,0004

$\delta_s = \rho_s/\rho_a$ densidad de los flóculos (varía entre 1,002 – 1,030) 1,002

f = coeficiente de Darcy – Weisbatch (varía entre 0,02 y 0,10) 0,10

g = aceleración de la gravedad 9,81 m/s^2

En consecuencia:

U_a = velocidad de arrastre, para valores adoptados conservadores: $6,065 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$: 15,0 cm/s

Por ser $U_{em} = 13,585 \text{ cm/min.} < U_a = 15,0 \text{ cm/s}$, no hay arrastre de los flóculos depositados.

3.5.3. Sistema de Ingreso del Líquido Floculado

3.5.3.1. Conducto de Distribución Sumergido

Q = caudal de diseño de la 1ª etapa 0,0825 m^3/s

Q' = caudal cuando se detiene un decantador en la 1ª etapa 0,165 m^3/s

b = ancho constante del conducto de sección decreciente y solera horizontal	0,80	m
N_o = número de orificios practicados de a pares en los muros del conducto	14	
b_o = base de cada orificio rectangular	0,48	m
h_o = altura de cada orificio rectangular	0,10	m
a_o = $h_o \cdot b_o$ = área de pasaje de cada orificio	0,048	m ²
A_o = $N_o \cdot a_o$ = área total de los N_o orificios	0,672	m ²
U_o = $q_o/a_o = Q/A_o$ = velocidad de pasaje, para $Q = 0,0825 \text{ m}^3/\text{s}$	0,123	m/s
U'_o = Q'/A_o = velocidad de pasaje para $Q = 0,165 \text{ m}^3/\text{s}$	0,246	m/s
R_o = $a_o / 2 (h_o + b_o)$ = radio hidráulico de cada orificio	0,041	m
G_o = $n (\gamma / \mu)^{1/2} \cdot R_o^{-0,7} \cdot U_o^{1,5}$ = gradiente de velocidad, para: $n = 0,012$ = coeficiente de rugosidad de Manning, para muros de H ^o A, $\gamma = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ = peso específico del agua y $\mu = 1,167 \cdot 10^{-4} \text{ Kg} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ = viscosidad dinámica para $T = 15^\circ\text{C}$ y $Q = 0,0825 \text{ m}^3/\text{s}$	14.2	s ⁻¹
G'_o = ídem para $Q' = 0,165 \text{ m}^3/\text{s}$	39,8	s ⁻¹
A_7 = $2a_o/r$ = sección transversal o final del conducto, siendo $r = 0,5$ = relación aconsejada (se indica en la Memoria Descriptiva)	0,192	m ²
H_7 = A_7/b = altura final del último par (7°)	0,24	m
U_7 = $2q_o/A_q = 2Q / (N_o \cdot A_7)$ = velocidad en la sección final para $Q = 0,0825 \text{ m}^3/\text{s} = 6,14 \text{ cm/s}$	0,0614	m/s
R_7 = $b \cdot h_7 / 2 (b + h_7)$ = radio hidráulico en el último par (7°)	0,0923	m
G_7 = gradiente hidráulico para $2 Q/N_o = 0,0118 \text{ m}^3/\text{s}$	2,83	s ⁻¹
A_1 = $N_o \cdot a_o/r$ = sección inicial del conducto (1 ^{er} par), para $r = 0,5$	1,344	m ²
h_1 = A_1/b = altura de la sección inicial del conducto	1,68	m
U_1 = $Q/A_1 = N_o q_o / A_1$ = velocidad en el inicio, para $Q = 0,0825 \text{ m}^3/\text{s}$	0,0614	m/s
R_1 = $b \cdot h_1/2 (b + h_1)$ = radio hidráulico de la sección inicial	0,271	m

G_1 = gradiente de velocidad en la sección inicial para $Q = 0,0825 \text{ m}^3/\text{s}$	1,33	s^{-1}
$S_n = 2 (L - \cos \theta) / N_o$ = separación entre c.a.c de los orificios	1,51	m

3.5.3.2. Ingreso a Cada Decantador

Q = caudal de ingreso a la cámara de acceso al conducto	0,0825	m^3/s
$B = b$ = ancho del orificio de la compuerta	0,70	m
$H = h_1$ = altura del orificio	0,70	m
$U = Q / (H \cdot B)$ = velocidad en el ingreso del caudal $Q = 0,0825 \text{ m}^3/\text{s}$	0,168	m/s

3.5.3.3. Pérdida de Carga en el Ingreso a la Placas

Q_o = caudal de pasaje por orificio	0,0059	m^3/s
a_o = área del orificio	0,048	m^2
U_o = velocidad de pasaje	0,1228	m^3/s

3.5.4. Sistema de Evacuación de los Lodos Depositados en las Tolvas

3.5.4.1. Dimensiones de las Tolvas Tronco Piramidales

N_t = número de tolvas en cada decantador	2	
β = ángulo de inclinación de las paredes laterales	60'	
H_t = altura de las tolvas (adoptada)	1,73	m
$L_t = L$ = longitud de la base superior de cada tolva = longitud del decantador	10,58	m
$B_t = (2B + E) / 2$ = ancho de la base superior de cada tolva	2,80	m
E = ancho del canal central y longitudinal del conducto distribuidor (incluye espesor de muro)	1,00	m
$A_t = L_t \cdot B_t$ = área de la base superior de cada tolva	29,624	m^2
$L_t = L_t - 2 H_t / t_g \theta$ = longitud de la base inferior (solera)	8,58	m
$b_t = B_t - 2bH_t/t_g \beta$ = ancho de la solera de cada tolva	0,80	m
$a_t = l_t \cdot b_t$ = área de la solera de cada tolva	6,864	m^2
$V_t = H/3 [A_t + a_s + (A_t \cdot a_s)^{1/2}]$ = volumen de cada tolva	29,264	m^3

$$V_T = 2V_t = \text{volumen total de tolvas de cada decantador} \quad 58,530 \quad \text{m}^3$$

3.5.4.2. Volumen de Lodos Producidos

$$Q_L = Q/2 (K_1 \cdot D + K_2 T) / 100 = \text{volumen diario promedio de lodos de cada decantador (Ruiz y colaboradores)} \quad 59,875 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$Q = \text{caudal sedimentado en cada módulo de 2 decantadores} \quad 14.256 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$D = \text{dosis óptima promedio de sulfato de aluminio} \quad 30 \quad \text{mg/L}$$

$$K_1 = \text{coeficiente} \quad 0,024$$

$$T = \text{turbiedad máxima} \quad 100 \quad \text{UT}$$

$$K_2 = \text{coeficiente} \quad 0,0012$$

$$t_t = \nabla_t/(Q/4) = \text{lapso de tiempo entre dos descargas consecutivas de lodos depositados} = 0,98 \text{ d. Se adopta:} \quad \cong 1 \text{ d}$$

3.5.4.3. Remoción de los Lodos Depositados con un “Manifold”

$$U_a = (8/f)^{1/2} \cdot U_s = \text{velocidad mínima necesaria para arrastrar partículas con velocidad de sedimentación } U_s \cong 0,001 \text{ m/s y } f = 0.018 (N_R \leq 10^5), \text{ deducida de las experiencias de Camp – Shields (varía entre 1 y 3 cm/s)} \quad 0,021 \quad \text{m/s}$$

$$A = \Pi \cdot D_1^2 / 3 = \Pi \cdot (2b_t)^2 / 3 = \text{área superficial del tercio de la esfera de influencia en cada orificio de salida, de diámetro } D_1 = 2b_t = 2 \cdot 0,80 \text{ m} = 1,60 \text{ m y } \beta=60^\circ \quad 2,68 \quad \text{m}^2$$

$$q_0 = U_a \cdot A = \text{caudal mínimo de pasaje que pasa por cada orificio} \quad 0,0563 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$X = D_1 \cdot \cos 30^\circ = \text{distancia máxima entre 2 orificios consecutivos} \quad 1,39 \quad \text{m}$$

$$N_0 = L_t / X = \text{número mínimo de orificios} = 6,2. \text{ Se adopta} \quad 7$$

$$Q_0 = N_0 \cdot q_0 = \text{caudal instantáneo de lodo descargado en la salida del caño colector} \quad 0,394 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$S_0 = L_t / N_0 = \text{separación entre 2 orificios consecutivos de descarga} \quad 1,225 \quad \text{m}$$

$$D_0 = \text{diámetro constante adoptado del múltiple} \quad 0,500 \quad \text{m}$$

$$A_0 = \Pi \cdot D_0^2 / 4 = \text{área constante del múltiple} \quad 0,1964 \quad \text{m}^2$$

U_7	$= Q_m / A_m =$ velocidad en el último tramo del múltiple	2,007	m/s
H	$= h_o + H_o = (q_o / C_d \cdot a_o)^2 / 2g + (Q_o / C_d \cdot A_o)^2 / 2g =$ $= (q_o / C_d \cdot a_o)^2 / 2g + (N_o \cdot q_o / C_d \cdot A_o)^2 / 2g =$ carga hidráulica disponible para el escurrimiento del lodo a través de los orificios y del múltiple hasta su descarga = distancia establecida entre el nivel líquido del decantador y el eje del múltiple	4,20	m
	Conociendo H , q_o , C_d (0,61) y A_o , se calcula a_o = área de cada orificio de pasaje del lodo	0,0109	m ²
d_o	$= (L a_o / \Pi)^{1/2}$ = diámetro de cada orificio	0,118	m
U_o	$= q_o / a_o$ = velocidad de pasaje en cada orificio	5,165	m/s
r	$= N_o d_o^2 / D_m$ = relación de Miller	0,39	

Al ser $r < 0,50$ la relación de Miller debe haber una correcta repartición del caudal en el múltiple medio entre 7 y 15 entradas. De acuerdo a Norma se aconseja $r = 0,2$ a $0,3$ o sea que $D_m = 600$ mm.

3.5.5. Sistema Colector de Agua Decantada

N_c	= número adoptado de caños perforados en su generatriz superior, colocados transversalmente en ambas filas de placas de cada decantador, sumergidos en el sobrenadante	20	
L_c	$= 2B \cdot N_c$ = longitud total de caños en ambas filas de placas de ancho $B = 2,40$ m	48,00	m
q_v	$= Q/L_c$ = caudal unitario a recolectar por los caños perforados, para $Q = 0,0825$ m ³ /s de cada decantador = $= 1,72$ L/s . m	0,00172	m ³ /s . m
q'_v	= ídem para $Q' = 0,165$ m ³ /s con una sola unidad operando(ambos valores están dentro de lo aconsejado: de 1,5 a 3,5 L/s . m)	0,00344	m ³ /s . m
h_c	= altura líquida o carga hidráulica sobre la generatriz superior de los caños	0,10	m
d_c	= diámetro interno de cada caño adoptado = 150 mm	0,150	m
a_c	$= \Pi d_c^2 / 4$ = área interna de cada caño	0,01767	m ²
n_o	= número adoptado de orificios practicados en cada caño	24	
a_o	$= 0,462 a_c/n_o$ = área de cada orificio de acuerdo a Richter (Manual V del CEPIS)	0,00034	m ²

d_o	$= (4 a_o/\Pi)^{1/2}$ = diámetro de cada orificio = 2,00 cm	0,02	m
S_c	$= 2 L/N_c$ = separación c.a.c entre caños perforados	1,058	m
S'_c	= separación entre centros de caños extremos y muros frontales	0,529	m
S_o	$= B/n_o$ = separación c.a.c entre orificios	0,10	m
S'_o	= separación entre el centro de los orificios extremos y muros laterales	0,05	m
q_s	$= [Q / (2 L \cdot B)]$ 86400 = carga hidráulica = velocidad ascensional, para: $Q = 0,0825 \text{ m}^3/\text{s}$ = caudal de cada decantador, $L = 10,58 \text{ m}$ = longitud de cada fila de placas y $B = 2,40 \text{ m}$	140,36	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
h_l	$= S_c \cdot q_s / 2 \cdot 86400$ q_v = altura de volumen líquido (sobrenadante) sobre las placas (según lo indicado por Richter en el Manual del CEPIS), valor inferior al máximo $0,5 S_c$, según Norma.	0,50	m
h'_l	$= h_l$ = idem por ser $q'_s = 2q_s$ y $q'_v = 2q_v$	0,50	m

3.5.6. Zonas del Decantador

3.5.6.1. Volumen Líquido Sobre Placas o Sobrenadantes

H_1	$= H_l$ = altura del volumen líquido según 5.5, del sobrenadante de ancho $B = 2,40 \text{ m}$ = ancho de cada fila y longitud $L = 10,58 \text{ m}$	0,50	m
-------	--	------	---

3.5.6.2. Zona de Placas

H_2	= altura del volumen ocupado por las placas planas	1,04	m
-------	--	------	---

3.5.6.3. Volumen Líquido Sumergido Entre la Fila de Placas y Tolva de Lodos

Se diseña de acuerdo a lo especificado por Di Bernardo.

X_o	$= 6,2 h_o$ = tramo del chorro sin expandir, en donde se tiene velocidad igual al pasaje por el orificio de altura $h_o = 0,10 \text{ m}$	0,62	
X	$= B' - X_o$ = tramo en donde el chorro se expande hasta que alcanza el muro lateral de cada fila de placas de ancho $B' = B - 0,05 = 2,35 \text{ m}$ (en esa zona)	1,73	m
H_3	$= h_o + 2X / 5$ = altura de la zona entre las placas y las tolvas de lodo = 0,792 m (1:5 = inclinación de la expansión del chorro, según Di Bernardo) y $h_o = 0,10 \text{ m}$. Se adopta:	1,00	m

$$H'_3 = H_3 / 2 = \text{distancia desde el eje del orificio a las placas y a las tolvas} \quad 0,50 \quad \text{m}$$

3.5.6.4. Tolva de Lodos Depositados

$$H_4 = \text{altura de cada tolva de lodos, según 5.41} \quad 1,73 \quad \text{m}$$

3.5.6.5. Altura Total de Cada Decantador

$$H = H_0 + H_1 + H_2 + H_3 + H_4 = \text{altura total incluyendo } H_0 = 0,25 \text{ m} = \text{revancha entre el coronamiento y el nivel líquido} \quad 4,32 \quad \text{m}$$

3.6. FILTRACIÓN CON VELOCIDAD DECRECIENTE Y AUTOLAVADO

3.6.1. Parámetros de Diseño

$$\begin{aligned} N_m &= \text{número de módulos de la planta de tratamiento} && 2 \\ Q &= \text{caudal de diseño de cada módulo} = 14256 \text{ m}^3 / \text{d} && 0,165 \text{ m}^3/\text{s} \\ U_f &= q = \text{velocidad media de filtración o carga hidráulica adoptada} = 240 \text{ m}^3/\text{d.m}^2 && 0,2778 \text{ cm/s} \\ N_f &= \text{número de unidades en paralelo de cada módulo} && 6 \\ U_f &= q_{\text{med}} = q = \text{velocidad media de filtración real} = \text{carga superficial media} = 0,2774 \text{ cm/s} && 239,71 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \end{aligned}$$

3.6.2. Dimensionamiento

$$\begin{aligned} A_f &= Q_f / (N_f \cdot U_f) = \text{superficie de cada filtro} && 9,90 \text{ m}^2 \\ L_f &= \text{longitud de cada unidad (múltiplo de la base de cada vigueta)} && 4,20 \text{ m} \\ B_f &= A_f / L_f = \text{ancho de cada filtro} && 2,36 \text{ m} \\ A_f &= L_f / A_f = \text{superficie real de cada unidad} = 9,912 \text{ m}^2 && 99.120 \text{ cm}^2 \\ r &= B_f / L_f = \text{relación semejante a la aconsejada (Azevedo Neto) de : } (N_f + 1) / 2 N_f = 0,583 && 0,562 \end{aligned}$$

3.7. ELEMENTOS ADOPTADOS DE LA CAJA FILTRANTE

3.7.1. Carbón

T_e	= tamaño efectivo desde	0,90	mm
	hasta	1,00	mm
C_u	= coeficiente de uniformidad	1,60	
P_e	= peso específico relativo	1,65	
L	= espesor del manto compuesto de varias capas	45	cm
$T(90)$	= malla ASTM donde pasa 90 %	1,80	m
p_o	= porosidad del lecho limpio	0,48	
C_e	= coeficiente de esfericidad	0,70	

Primera Capa Superior

T_1	= tamaño mínimo en la capa	0,71	cm
T_2	= tamaño máximo en la capa	0,84	cm
T_e	= $(T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos	0,77	cm
X_1	= fracción en peso del total del manto a 10 %	0,10	
X_1 / T_e^2		0,168	

Segunda Capa Intermedia

T_1	= tamaño mínimo en la capa	0,84	mm
T_2	= tamaño máximo en la capa	1,19	mm
T_e	= $(T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos	1,00	mm
X_2	= fracción en peso del total = 31 %	0,31	
X_2 / T_e^2		0,310	

Tercera Capa Intermedia

T_1	= tamaño mínimo en la capa	1,19	mm
T_2	= tamaño máximo en la capa	1,41	mm
T_e	= $(T_1 \cdot T_3)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos	1,30	mm

X_3 = fracción en peso del total = 28 % 0,28

X_3 / T_e^2 0,167

Cuarta Capa Intermedia

T_1 = tamaño mínimo en la capa 1,41 mm

T_2 = tamaño máximo en la capa 1,68 mm

$T_e = (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos 1,54 mm

X_4 = fracción en peso del total = 0,21 % 0,21

X_4 / T_e^2 0,089

Quinta Capa Inferior

T_1 = tamaño mínimo en la capa 1,68 mm

T_2 = tamaño máximo en la capa 2,00 mm

$T_e = (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos 1,83 mm

X_5 = fracción en peso del total = 21 % 0,21

X_5 / T_e^2 0,063

3.7.2. Arena Silícea

T_e = tamaño efectivo 0,52 mm

C_u = coeficiente de uniformidad 1,50

P_e = peso específico 2,65

L = espesor del manto 25 cm

$T(90)$ = tamaño malla que pasa 90 % 0,01 mm

p_o = porosidad del lecho 0,42

C_e = coeficiente de esfericidad 0,80

Primera Capa Superior

T_1 = tamaño mínimo en la capa 0,42 cm

T_2 = tamaño máximo en la capa 0,59 cm

$T_e = (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos 0,50 cm

X_1 = fracción en peso del total 10 % 0,10

X_1 / T_e^2 0,404

Segunda Capa Intermedia

T_1 = tamaño mínimo en la capa 0,59 mm

T_2 = tamaño máximo en la capa 0,71 mm

$T_e = (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos 0,65 mm

X_2 = fracción en peso del total = 10 % 0,10

X_2 / T_e^2 0,239

Tercera Capa Intermedia

T_1 = tamaño mínimo en la capa 0,71 mm

T_2 = tamaño máximo en la capa 0,84 mm

$T_e = (T_1 \cdot T_3)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos 0,77 mm

X_3 = fracción en peso del total = 10 % 0,10

X_3 / T_e^2 0,168

Cuarta Capa Intermedia

T_1 = tamaño mínimo en la capa 0,84 mm

T_2 = tamaño máximo en la capa 1,00 mm

$T_e = (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos 0,92 mm

X_4 = fracción en peso del total = 40 % 0,40

X_4 / T_e^2 0,476

Quinta Capa Intermedia

T_1 = tamaño mínimo en la capa 1,00 mm

T_2 = tamaño máximo en la capa 1,19 mm

$T_e = (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos 1,09 mm

X_5 = fracción en peso del total = 25 % 0,25

X_5 / T_e^2 0,210

Sexta Capa Inferior

T_1	= tamaño mínimo en la capa	1,19	mm
T_2	= tamaño máximo en la capa	1,41	mm
T_e	$= (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de los granos	1,30	mm
X_6	= fracción en peso del total = 5 %	0,05	
X_6 / T_e^2		0,030	

3.7.3. Manto de Grava Soporte Apoyado en las Viguetas

P_e	= peso específico relativo	2,65	
C_e	= coeficiente de esfericidad promedio	0,70	
P_o	= porosidad en el lecho limpio promedio	0,50	
L	= espesor del lecho	45	cm
L_e	= altura equivalente de las capas (por espacios entre viguetas)	45	m

Primera Capa Superior

T_1	= tamaño mínimo en la capa	1,70	mm
T_2	= tamaño máximo en la capa	3,20	mm
T_e	$= (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de la grava	2,33	mm
L	= espesor de la capa	7,50	cm
L_e	= espesor equivalente	10,65	cm
X_1	= fracción en peso del total = 23,67 %	0,24	
X_1 / T_e^2		0,044	mm ⁻²
X_1 / T_e		0,101	mm ⁻¹

Segunda Capa Intermedia

T_1	= tamaño mínimo en la capa	3,20	mm
T_2	= tamaño máximo en la capa	6,40	mm
T_e	$= (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de la grava	4,53	mm
L	= espesor de la capa	7,50	cm

L_e = espesor equivalente	10,65	cm
X_2 = fracción en peso del total = 23,67 %	0,24	
X_2 / T_e^2	0,012	mm ⁻²
X_2 / T_e	0,052	mm ⁻¹

Tercera Capa Intermedia

T_1 = tamaño mínimo en la capa	6,40	mm
T_2 = tamaño máximo en la capa	12,70	mm
$T_e = (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de la grava	9,02	mm
L = espesor de la capa	7,50	cm
L_e = espesor equivalente	10,65	cm
X_3 = fracción en peso del total = 23,67 %	0,24	
X_3 / T_e^2	0,003	mm ⁻²
X_3 / T_e	0,026	mm ⁻¹

Cuarta Capa Intermedia

T_1 = tamaño mínimo en la capa	12,70	mm
T_2 = tamaño máximo en la capa	25,40	mm
$T_e = (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de la grava	17,96	mm
L = espesor de la capa	7,50	cm
L_e = espesor equivalente	5,24	cm
X_4 = fracción en peso del total = 17,63 %	0,18	
X_4 / T_e^2	0,0005	mm ⁻²
X_4 / T_e	0,0098	mm ⁻¹

Quinta Capa Intermedia

T_1 = tamaño mínimo en la capa	25,40	mm
T_2 = tamaño máximo en la capa	50,00	mm
$T_e = (T_1 \cdot T_2)^{1/2}$ = tamaño medio geométrico de la grava	35,64	mm

L = espesor de la capa	15,00	cm
L_e = espesor equivalente	7,81	cm
X_5 = fracción en peso del total = 11,36 %	0,11	=
X_5 / T_e^2	0,0001	mm ⁻²
X_5 / T_e	0,0032	mm ⁻¹

3.7.4. Viguetas Prefabricadas de Sección Triangular en V Invertida

L_v = B_f = longitud de cada vigueta	2,36	m
h_v = altura de cada vigueta	0,30	m
b_v = base de cada vigueta, de altura $h_v = 0,30$ m	0,30	m
N_v = L_f / b_v = número de viguetas por filtro	14	
e = base de cada escotadura de altura 0,10 m	0.10	m
d_o = diámetro de cada orificio de pasaje	1,90	cm
a_o = área de pasaje de cada orificio	2,84	cm
N_o = número de orificios de las viguetas en cada filtro	364	
h_j = altura de la junta de mortero cementicio entre viguetas	0,07	m
L = altura total del conjunto vigueta manto grava	8,49	m

3.7.5. Orificio de Entrada del Agua Sedimentada a Cada Filtro

b_o = ancho del orificio	40	cm
h_o = altura del orificio	40	cm
a_o = $b_o \cdot h_o$ = área del orificio con compuerta	1600	cm ²

3.7.6. Orificio de Salida del Líquido Filtrado y Entrada Para el Lavado con Caudal de Otras Unidades

b_o = ancho del orificio	40	cm
h_o = altura del orificio	40	cm
a_o = $b_o \cdot h_o$ = área del orificio con compuerta	1600	cm ²

3.7.7. Vertedero Regulador y de Descarga del Líquido Recolectado en la Batería de 6 Filtros

b_v	= longitud total de umbrales	150,00	cm
b_v	= longitud de cada tramo con umbrales regulables	50,00	cm

3.7.8. Cámara Inferior Colectora de Agua Filtrada

h_f	= altura de la cámara de superficie $A_c = A_f = 9,912 \text{ m}^2$	0,60	m
-------	---	------	---

3.7.9. Canaletas Colectoras del Agua del Lavado

N_c	= número de canaletas suspendidas en los muros laterales	2	
b_c	= ancho de cada canaleta = 0,40 m	40	cm
h_c	= altura de cada canaleta = 0,35 m	35	cm
A_c	= distancia entre cotas del umbral de las canaletas y superficie del lecho de arena = 0,65 m	65	cm

3.8. HIDRÁULICA DURANTE LA FILTRACIÓN

3.8.1. Determinación de Coeficientes de Pérdidas de Carga

3.8.1.1. En Arena: Régimen Laminar

$K''_{(a)} = \left[180 v (1 - p_o)^2 \cdot \sum (X / D_e^2) L \right] / (g \cdot p_o^3 \cdot C_e^2) =$ coeficiente de permeabilidad	56,87	
$\sum (X / D_e^2)$	1,53	mm^{-2}
v	= viscosidad cinemática para T_e 15°C del agua	$1,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

3.8.1.2. En la Antracita: Régimen Laminar

$K''_{(c)} = \left[180 v (1 - p_o)^2 \cdot \sum (X / D_e^2) L \right] / (g \cdot p_o^3 \cdot C_e^2) =$ coeficiente de permeabilidad	37,41	
$\sum (X / D_e^2)$	0,796	mm^{-2}

3.8.1.3. En Manto de Grava: Régimen Laminar

$$K''_{(g)} = \left[180 \nu (1 - p_o)^2 \cdot \sum (X / D_e^2) \cdot L \right] / (g \cdot p_o^3 \cdot C_e^2) =$$

coeficiente de permeabilidad 2,25

$$\Sigma (X / D_e^2) \quad 0,059 \quad \text{mm}^{-2}$$

3.8.1.4. Coeficiente Total de la Permeabilidad Laminar

$$K'' = K''_{(a)} + K''_{(c)} + K''_{(g)} \quad 96,33$$

3.8.1.5. En Orificios de las Viguetas: Régimen Turbulento

$$K_v = (A_f / (C_d \cdot N_o \cdot a_o)^2) / 2g \quad 11,13$$

$$N_o = \text{número de orificios} \quad 364$$

$$a_o = \text{área de cada orificio} \quad 2,84 \quad \text{cm}^2$$

$$C_d = \text{coeficiente de gasto} \quad 0,65$$

$$A_f = \text{área de filtración} \quad 99120 \quad \text{cm}^2$$

3.8.1.6. En Orificio de Ingreso a Cada Filtro: Régimen Turbulento

$$K_2' = K \cdot A_f^2 / (2g \cdot A_o^2) \quad 3,72$$

$$b_o = \text{ancho orificio de ingreso} \quad 40,00 \quad \text{cm}$$

$$h_o = \text{altura orificio de ingreso} \quad 40,00 \quad \text{cm}$$

$$A_o = \text{área del orificio de ingreso} \quad 1600 \quad \text{cm}^2$$

$$K = \text{coeficiente de pérdida localizada} \quad 1,90$$

3.8.1.7. En Orificio de Salida de Cada Filtro: Régimen Turbulento

$$K_3' = K \cdot A_f^2 / (2g \cdot A_o^2) \quad 3,72$$

$$h_o = \text{altura del orificio de salida con compuerta} \quad 40,00 \quad \text{cm}$$

$$b_o = \text{ancho del orificio de salida con compuerta} \quad 40,00 \quad \text{cm}$$

$$A_o = \text{área del orificio de salida} \quad 1600 \quad \text{cm}^2$$

$$K = \text{coeficiente de pérdida de carga localizada} \quad 1,90$$

3.8.1.8. Coeficiente Total de Pérdida de Carga en Régimen Turbulento

$$K' = K_1' + K_2' + K_3' \quad 18,56$$

3.8.1.9. En el Vertedero General de Tres Tramos

$$h_v = K_v \cdot q^{2/3} = \text{carga hidráulica sobre el umbral} \quad 15,3 \quad \text{cm}$$

$$K_v = (A_f / (18,38 b_v)^{2/3}) = \text{coeficiente de carga hidráulica} \quad 10,89$$

$$b_v = \text{ancho umbral del vertedero, dividido en tres tramos iguales} \quad 150,00 \quad \text{cm}$$

3.8.2. Carrera del Filtro N° 1, F1 de la Batería de 6 Unidades

Primer Ciclo de la Carrera del F1.

Después del lavado del F1 y antes del F6

$$Q_d = \text{Caudal de diseño de la batería} = 0,165 \text{ m}^3/\text{s} \quad 14.256 \quad \text{m}^3/\text{d}$$

$$q_{\text{med}} = q = \text{velocidad de filtración media} = 239,71 \text{ m}^3/\text{d.m}^2 \quad 0,2774 \quad \text{cm/s}$$

$$q_{\text{máx}} = q_1 = \text{velocidad máxima de filtración, cuando el F1 está recién limpiado (comienzo de su carrera)} = 400 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \quad 0,463 \quad \text{cm/s}$$

$$F = q_1 / q_o = \text{factor de cálculo adoptado (a verificar por iteraciones)} \quad 0,755$$

$$q_o = q_1 / F = \text{velocidad de filtración teórica} = 530,02 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \quad 0,610 \quad \text{cm/s}$$

$$H = K' \cdot q_o^2 + K'' \cdot q_o + K_v \cdot q_o^{2/3} = \text{pérdida de carga máxima admitida por el F1} \quad 73,94 \quad \text{cm}$$

$$H - h_o = K' \cdot q_1^2 + K'' \cdot q_1 + K_v \cdot q_1^{2/3} = \text{pérdida de carga en F1 para } q_1 \quad 55,09 \quad \text{cm}$$

$$h_o = H - (H - h_o) = N_2 - N_1 = \text{diferencia de niveles líquidos, máximo } N_2 \text{ cuando debe lavarse el filtro más sucio y mínimo } N_1 \text{ cuando se lavó, que ocurre en cada uno de los } N = 6 \text{ ciclos de la carrera del F1} \quad 18,85 \quad \text{cm}$$

$$h_1 = \text{pérdida de carga inicial en el 1° ciclo del F1} \quad 0,00 \quad \text{cm}$$

$$K''_1 = (h_o + h_1) / 2 q_1 = h_o / 2 q_o = \text{coeficiente de pérdida de carga laminar en el manto poroso del F1 en el 1° ciclo} \quad 20,38$$

Segundo Ciclo de la Carrera del F1

Después del lavado del F2 y antes del F5

$$H - h_o = K' \cdot q_2^2 + (K'' + K''_1) \cdot q_2 + K_v \cdot q_2^{2/3} = 55,09 = \text{ecuación de 2° en } q_2 = [-b + (b^2 - 4ac)^{1/2}] / 2a = 350,96 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \quad 0,41 \quad \text{cm/s}$$

$$a = K' = \text{constante de la ecuación} \quad 23,494$$

$b = K'' + K''_1 =$ constante de la ecuación	116,69	
$c = K_v \cdot q^{2/3} - (H - h_o) =$ constante de la ecuación	-50,46	
$h_2 = K''_1 \cdot q_2 =$ pérdida de carga al final del 2° ciclo	8,27	cm
$K''_2 = (h_o + h_2) / q_2 =$ coeficiente de pérdida de carga laminar en el 2° ciclo	66,76	

Tercer Ciclo de la Carrera del F1

Después del lavado del F3 y antes del F4

$H - h_o = K' \cdot q_3^2 + (K'' + K''_2) \cdot q_2 + K_v \cdot q_3^{2/3} = 55,09 =$ ecuación de 2° en $q_3 = [-b + (b^2 - 4ac)^{1/2}] / 2a = 258,52 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot d =$ velocidad de filtración	0,30	cm/s
$a = K' =$ constante de la ecuación	23,494	
$b = K'' + K''_2 =$ constante de la ecuación	163,09	
$c = K_v \cdot q^{2/3} - (H - h_o) =$ constante de la ecuación	-50,46	
$h_3 = K''_2 \cdot q_3 =$ pérdida de carga al final del 3° ciclo	19,98	cm
$K''_3 = (h_o + h_3) / q_3 =$ coeficiente de pérdida de carga laminar en el 3° ciclo	129,75	

Cuarto Ciclo de la Carrera del F1

Después del lavado del F4 y antes del F3

$H - h_o = K' \cdot q_4^2 + (K'' + K''_3) \cdot q_4 + K_v \cdot q_4^{2/3} = 55,09 =$ ecuación de 2° $q_4 = [-b + (b^2 - 4ac)^{1/2}] / 2a = 189,43 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot d =$ velocidad de filtración	0,22	cm/s
$a = K' =$ constante de la ecuación	23,494	
$b = K'' + K''_3 =$ constante de la ecuación	226,08	
$c = K_v \cdot q^{2/3} - (H - h_o) =$ constante de la ecuación	-50,46	
$h_4 = K''_3 \cdot q_4 =$ pérdida de carga al final del 4° ciclo	28,45	cm
$K''_4 = (h_o + h_4) / q_4 =$ coeficiente de pérdida de carga laminar en el 4° ciclo	215,72	

Quinto Ciclo de la Carrera del F1

Después del lavado del F5 y antes del F2

$H - h_o = K' \cdot q_5^2 + (K'' + K''_4) \cdot q_5 + K_v \cdot q_5^{2/3} = 55,09 =$ ecuación de 2° $q_5 = [-b + (b^2 - 4ac)^{1/2}] / 2a = 138,40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot d =$ velocidad de filtración		
---	--	--

$a = K' =$ constante de la ecuación	23,494	
$b = K'' + K''_4 =$ constante de la ecuación	312,05	
$c = K_v \cdot q^{2/3} - (H - h_o) =$ constante de la ecuación	-50,46	
$h_5 = K''_4 \cdot q_5 =$ pérdida de carga al final del 5° ciclo	34,55	cm
$K''_5 = (h_o + h_5) / q_5 =$ coeficiente de pérdida de carga laminar en el 5° ciclo	333,39	

Sexto Ciclo de la Carrera del F1 (final)
Después del lavado del F6 y antes del F1

$H - h_o = K' \cdot q_6^2 + (K'' + K''_5) \cdot q_6 + K_v \cdot q_6^{2/3} = 55,09 =$ ecuación de 2°		
$q_6 = [-b + (b^2 - 4ac)^{1/2}] / 2a =$ velocidad de filtración $100,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	0,12	cm/s
$a = K' =$ constante de la ecuación	23,494	
$b = K'' + K''_5 =$ constante de la ecuación	429,72	
$c = K_v \cdot q_6^{2/3} - (H - h_o) =$ constante de la ecuación	-50,46	
$h_6 = K''_5 \cdot q_6 =$ pérdida de carga al final del 6° ciclo	38,95	cm
$K''_6 = (h_o + h_6) / q_6 =$ coeficiente de pérdida de carga laminar en el 6° ciclo	494,72	

Verificación y Conclusiones

$\sum q_i =$ sumatoria de las velocidades de filtración de las 6 ciclos de la carrera del F1	1436,257	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
$N_f \cdot q$	1438,257	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

Por ser $\sum q_i = N_f \cdot q$, es correcto el valor de :

$F = 0,755$ adoptado en la iteración efectuada.

$N_1 = H - h_o =$ nivel líquido mínimo que ocurre en el filtro F1 y en el resto de la batería, cuando esta recién lavado	55,09	cm
$N_2 = H - N_1 + h_o = H =$ nivel líquido máximo en el F1 y en el resto de la batería, cuando se debe lavar	73,94	cm
$h_o = N_2 - N_1 =$ diferencia de niveles, constante en los 6 ciclos = pérdida de carga de la batería en cada ciclo	18,85	cm

3.8.3. Proceso Durante el Lavado de la Unidad más Sucia en los Ciclos de la Carrera del Filtro F1

3.8.3.1. Pérdida de Carga Independiente de la Velocidad de Lavado

h_a	$= (P_{sa} - 1) \cdot (1 - p_o) \cdot L_a$ = pérdida de carga en el manto de arena	23,93	m
P_{sa}	= densidad relativa de la arena	2,65	
P_o	= porosidad del manto de arena	0,42	
L_a	= espesor del manto de arena	25,00	cm
h_c	$= (P_{sk} - 1) \cdot (1 - p_o) \cdot L_c$ = pérdida de carga en el manto de antracita	15,21	cm
P_{sk}	= densidad relativa de la antracita	1,65	
p_o	= porosidad del manto de antracita	9,48	
L_c	= espesor del manto de antracita	45,00	cm

3.8.3.2. Pérdida de Carga en Régimen Turbulento

K_v	= coeficiente de pérdida de carga en los orificios de las viguetas (ya determinado)	11,13	
K_o	= coeficiente de pérdida de carga en el ingreso del agua filtrada de otras unidades	3,72	
k	= coeficiente de pérdida de carga en el ingreso, salida y giro 90° (0,5 + 1,0 + 0,4)	1,90	
b_o	= ancho del orificio de ingreso	40,00	cm
h_o	= altura del orificio de ingreso	40,00	cm
A_o	= $b_o \cdot h_o$ = área del orificio	1600,00	cm ²
A_f	= área de cada filtro	99120,00	cm ²

3.8.3.3. Pérdida de Carga en Régimen Turbulento y Laminar Producido en el Manto de Grava

h_g	$= K'_o q_L^2 + K''_o q_L$ = pérdida de carga en el manto de grava		
K''_o	$= 150 N (1 - p_o)^2 \cdot \sum (X_i / T_e^2) \cdot L_g / (g \cdot p_o^3 \cdot C_e^2) =$ coeficiente de pérdida de carga en régimen laminar	1,88	

$K'_o = 1,75 (1 - p_o) \cdot \sum (X_{ii} / T_e) \cdot L_g / (g \cdot p_o^3 \cdot C_e) =$ coeficiente de pérdida de carga en régimen turbulento	0,89
p_o = porosidad de la grava	0,50
C_e = coeficiente de porosidad	0,70
$\sum (X_i / T_e)$	0,19 mm ⁻¹
U = viscosidad cinemática para $T = 15^\circ\text{C}$	0,01 cm ² /s
$q_L \text{ máx}$ = velocidad máxima de lavado = 1,00 / min.	1,67 cm/s
$h_g \text{ máx}$ = pérdida de carga máxima $q_L \text{ máx}$	5,59 m
$q_L \text{ med}$ = velocidad media de lavado = 0,70 m / min.	1,17 cm/s
$h_g \text{ med}$ = pérdida de carga media para $q_L \text{ med}$	3,40 m
$q_L \text{ mín}$ = velocidad mínima de lavado = 0,55 m / min.	0,92 cm/s
$h_g \text{ mín}$ = pérdida de carga mínima para $q_L \text{ mín}$.	2,47 cm

3.8.3.4. Carga Hidráulica Sobre Bordes de Canaletas de Lavado

$h_c = K_v \cdot q_L^{2/3}$ = carga hidráulica sobre bordes de canaletas	
$K_v = (A_f / (18,38 \cdot N_c \cdot L_c))^{2/3}$ = coeficiente de carga hidráulica	3,45
N_c = número de canaletas con un solo borde de ingreso	2
L_c = longitud de cada canaleta	420 cm
A_f = área de cada filtro	99120 cm ²
$h_b \text{ máx}$ = tirante líquido máximo sobre bordes	4,86 cm
$h_b \text{ med}$ = tirante líquido medio sobre bordes	3,83 cm
$h_b \text{ mín}$ = tirante líquido mínimo sobre bordes	3,26 cm

3.8.3.5. Pérdida de Carga Total Durante el Lavado de un Filtro

$H_L = h_o + h_f + h_v + h_a + h_c = N_v - N_c$	
N_v = nivel del umbral del vertedero general de agua filtrada.	
N_c = nivel de los bordes de las canaletas colectoras del agua sucia del lavado.	

$h_{o \text{ máx}}$ = pérdida de carga máxima en el nivel del agua filtrada para el lavado de una unidad	10,32	cm
$h_{ff \text{ máx}}$ = pérdida de carga máxima en el falso fondo	10,32	cm
$h_{v \text{ máx}}$ = pérdida de carga máxima en las viguetas	30,91	cm
$h_{g \text{ máx}}$ = pérdida de carga máxima en el manto de grava	5,59	cm
$h_{a \text{ máx}}$ = pérdida de carga máxima en el manto de antracita	15,21	cm
$h_{c \text{ máx}}$ = pérdida de carga máxima en el manto de arena	23,93	cm
$h_{g \text{ máx}}$ = pérdida de carga máxima en el manto de grava	5,59	cm
$h_{1a \text{ máx}}$ = altura máxima sobre bordes de las canaletas de lavado	4,89	cm
$h_{o \text{ med}}$ = pérdida de carga media en el ingreso del agua filtrada	5,06	cm
$h_{ff \text{ med}}$ = pérdida de carga media en el falso fondo	5,05	cm
$h_{v \text{ med}}$ = pérdida de carga media en las viguetas	15,15	cm
$h_{g \text{ med}}$ = pérdida de carga media en el manto de grava	3,40	cm
$h_{a \text{ med}}$ = pérdida de carga media en el manto de arena	23,93	cm
$h_{c \text{ med}}$ = pérdida de carga media en el manto de antracita	15,21	cm
$h_{b \text{ med}}$ = altura media sobre bordes de las canaletas de lavado	3,83	cm
$h_{o \text{ mín}}$ = pérdida de carga mínima en el ingreso del agua filtrada	3,12	cm
$h_{ff \text{ mín}}$ = pérdida de carga mínima en el falso fondo	3,12	cm
$h_{v \text{ mín}}$ = pérdida de carga mínima en las viguetas	9,35	cm
$h_{g \text{ mín}}$ = pérdida de carga mínima en el manto de grava	2,47	cm
$h_{a \text{ mín}}$ = pérdida de carga mínima en el manto de arena	23,93	cm
$h_{c \text{ mín}}$ = pérdida de carga mínima en el manto de antracita	15,21	cm
$h_{b \text{ mín}}$ = altura mínima sobre bordes de las canaletas de lavado	3,26	cm
$H_L \text{ máx}$ = desnivel máximo requerido para el lavado de una unidad: $U_L = 1,00 \text{ m/min.}$	101,14	cm
$H_L \text{ med}$ = desnivel medio requerido para el lavado de una unidad	71,62	cm
$H_L \text{ mín}$ = desnivel mínimo requerido para el lavado de una unidad	60,46	cm

3.8.3.6. Niveles de Funcionamiento en las Restantes Unidades Mientras un Filtro se Lava

Primer ciclo de la carrera del filtro F1 durante el lavado del F6

$$q_{med}^0 = q^0 = Q_d / [(N_f - 1) A_f] = \text{velocidad de filtración media} = 287,65 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \quad 0,33 \text{ cm/s}$$

$$b = (K'' + K''_1) = \text{término de cálculo e la ecuación de 2º en } q_L \quad 116,69$$

$$a = K' = \text{término de cálculo de la ecuación} = \text{coeficiente de pérdida de carga turbulenta (anteriormente calculado)} \quad 18,56$$

$$K_v = \text{coeficiente de carga hidráulica sobre bordes} \quad 10,89$$

$$K_v \cdot q^{0\ 2/3} = \text{carga hidráulica sobre bordes} \quad 6,23$$

$$c = K_v q^{0\ 2/3} - (H - DH) = \text{término de cálculo de la ecuación} \quad -85,70$$

$$K' \cdot q_L^2 + (K'' + K''_1) \cdot q_L + K_v \cdot q^{0\ 2/3} = H + DH$$

$$\text{Se adopta por interacciones: } DH = \text{sobre elevación respecto a } N_2 : N_{m\acute{a}x} \text{ de la filtración correspondiente a } H > 73,94 \text{ m} \quad 14,27$$

$$H + DH = \text{altura total para el nivel } H_L \text{ durante el lavado} \quad 88,21$$

$$q_{L1} = \text{velocidad de filtración de F1 durante lavado del F6} = 573,92 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \quad 0,66 \text{ cm/s}$$

Segundo ciclo de la carrera del filtro F1 durante el lavado del F5

$$b = (K'' + K''_2) = \text{término de cálculo e la ecuación de 2º en } q_{L2} \quad 163,09$$

$$a = K' = \text{término de cálculo e la ecuación de 2º en } q_{L2} \quad 18,56$$

$$K_v = \text{coeficiente de carga hidráulica sobre bordes} \quad 10,89$$

$$K_v \cdot q^{0\ 2/3} = \text{carga hidráulica sobre bordes} \quad 5,23$$

$$c = K_v q^{0\ 2/3} - (H + DH) = \text{término de cálculo de la ecuación} \quad -85,70$$

$$K' \cdot q_L^2 + (K'' + K''_2) \cdot q_L + K_v \cdot q_L^{2/3} = H' + DH$$

$$q_L^2 = \text{velocidad de filtración del F1 mientras se lava el F5} = 429,70 \text{ m}^3/\text{dm}^2 \quad 0,50 \text{ m/s}$$

Tercer ciclo de la carrera del filtro F1 durante el lavado del F4

$$b = (K'' + H''_3) = \text{término de cálculo de la ecuación de 2º en } q_{L3} \quad 226,08$$

a	= $K' =$ término de cálculo de la ecuación de 2° en q_{L3}	18,56
K_v	= coeficiente de carga hidráulica sobre bordes	10,89
$K_v \cdot q_o^{2/3}$	= carga hidráulica sobre bordes	5,23
c	= $K_v q_o^{2/3} - (H + DH) =$ término de cálculo	-85,70
$K' \cdot q_L^3 + (K'' + K''_3) \cdot q_L + K_v \cdot q_o^{2/3} = H + DH$		
q_L^3	= velocidad de filtración del F1 mientras se lava el F4 = 317,91 m ³ /m ² . d	0,37 cm/s

**Cuarto ciclo de la carrera del filtro
F1 durante el lavado del F3**

b	= $(K'' + H''_4) =$ término de cálculo de la ecuación de 2° en q_{L4}	312,05
a	= $K' =$ término de cálculo de la ecuación de 2° en q_{L4}	18,56
K_v	= coeficiente de carga hidráulica sobre bordes	10,89
$K_v \cdot q_o^{2/3}$	= coeficiente de carga hidráulica sobre bordes	5,23
c	= $K_v q_o^{2/3} - (H + DH) =$ término de la ecuación	-85,70
$K' \cdot q_{L4}^2 + (K'' + K''_4) \cdot q_{L4} + K_v \cdot q_o^{2/3} = H + DH$		
q_{L4}	= velocidad de filtración del F1 durante el lavado del F3 = 233,53 m ³ /m ² . d	0,27 cm/s

**Quinto ciclo de la carrera del filtro
F1 durante el lavado del F2**

b	= $(K'' + H''_5) =$ término de cálculo de la ecuación de 2° en q_{L5}	429,72
a	= $K' =$ término de cálculo de la ecuación de 2° en q_{L5}	18,56
K_v	= coeficiente de carga hidráulica sobre bordes	5,23
$K_v \cdot q_o^{2/3}$	= coeficiente de carga hidráulica sobre bordes	-85,70
$K' \cdot q_{L5}^2 + (K'' + K''_4) \cdot q_{L4} + K_v \cdot q_o^{2/3} = H + DH$		
q_{L5}	= velocidad de filtración del F1 durante el lavado del F2 = 170,85 m ³ /m ² . d	0,20 cm/s

3.8.3.7. Conclusiones

q_{Li}	= sumatoria de velocidades de filtración de F1	1725,908	m ³ /dm ²
Debe ser $q_{Li} = N f \cdot q$		1725,908	m ³ /dm ²

O sea es correcta el valor de $DH = 14,27$ cm adoptado como sobre elevación del máximo nivel líquido en el F1 durante el lavado de cada una de las restantes unidades.

3.9. PRODUCTOS QUÍMICOS

3.9.1. Sulfato de Aluminio Granular

3.9.1.1. Consumo

d	= dosis media del coagulante estimada en el período de diseño (1^a y 2^a etapa)	20	mg/l
C_o	= $Q \cdot d$ = consumo medio diario estimado de diseño, para el sulfato de aluminio puro (17,2% de óxido de aluminio) y $Q = 28.512 \text{ m}^3/\text{d}$:	570,24	Kg/d
I	= $(1 - 16,0 / 17,2) \cdot 100$ = porcentaje de material insoluble, considerando un producto comercial al 16% de óxidos útiles: 6,98% (a confirmar ese porcentaje)	0,07	
C	= $C_o / (1 - I)$ = consumo medio diario de diseño	613,2	Kg/d
C'	= ídem en la 1^a etapa	306,6	Kg/d

3.9.1.2. Almacenamiento del Producto Comercial (16% de Oxido Utiles)

P_e	= peso específico del producto adoptado (varía entre 0,95 y 1,20 Tn/M ³)	1	Tn/m ³
V	= C/P_e = volumen neto diario de diseño	0,613	m ³
V'	= ídem en la 1^a etapa	0,307	m ³
V_A	= $A \cdot H$ = volumen disponible para almacenamiento, siendo $A = 13,23 \text{ m}^2$ = base de la tarima de madera y $H = 1,80 \text{ m}$ = altura de la estiba	23,814	m ³
t_a	= $V_a / (V \cdot p)$ = tiempo medio de almacenamiento de diseño, para $p = 1,2$ = factor de ocupación de los envases de 30 a 50 Kg c/u (aceptable - mayor a 15 d)	32,4	d
t'_a	= ídem para la 1^a etapa	64,8	d

3.9.1.3. Tanque de Preparación de la Solución al 5%

c	= concentración de la solución preparada	50	Kg/m ³
V_s	= C/c = volumen diario de diseño de solución al 5%	12,264	m ³ /d

V'_s	= ídem en la 1ª etapa	6,132	m ³ /d
V_s	= $2V'_s$ = volumen de diseño de la solución para dos días de reserva	24,528	m ³
V'_s	= $2 V'_s$ = ídem en la 1ª etapa (para un día de reserva)	12,264	m ³
V_t	= $L_t^2 \cdot H$ = volumen útil de cada tanque de preparación, para $L_t = 2,00$ m = lado de la base y $H_t = 1,50$ m = altura útil (sin la tolva)	6,00	m ³
N_t	= V_s / V_t = número de tanques requeridos en el diseño (2 de reserva)	4	
N'_t	= ídem para la 1ª etapa (1 de reserva)	2	

3.9.1.4. Tolva Para Depósito de Inertes en Cada Tanque

P_i	= $C - C_o$ = peso diario de diseño de inertes	43,0	Kg/d
P_e	= peso específico del depósito de inertes	1,1	Tn/m ³
V_i	= P_i / P_e = volumen diario de diseño	0,039	m ³ /d
V_d	= $H_d/3 [A + a (A \cdot a)^{1/2}]$ = volumen de la tolva de base mayor $A = 4,00$ m ² , base inferior $a = (0,50 \cdot 0,50) = 0,25$ m ² y altura $H_d = 0,30$ m	0,525	m ³
V_D	= $2V_d$ = volumen de 2 tolva (sin las reservas)	1,05	m ³
t_i	= V_o/V_i = tiempo medio de residencia disponible de diseño en las tolvas (aceptable)	27	d

3.9.1.5. Dosificación de las Solución al 5%

q_1	= caudal diario de diseño a dosificar la solución al 5% = 12,264 m ³ /d	511	l/d
N_d	= número de bombas dosificadoras a diafragma (1 de reserva), de 50 a 500 l/h	2	

3.9.2. Cal Hidratada

3.9.2.1. Consumo

C	= consumo medio diario de diseño, considerando un 50% según Azevedo Netto del correspondiente al sulfato de aluminio	306,6	Kg/d
C'	= ídem en la 1ª etapa	153,3	Kg/d

3.9.2.2. Almacenamiento del Producto Comercial (al 70% Aproximadamente de OC_a)

P_e	= peso específico del producto adoptado (varía entre 0,56 y 0,80 Tn/m ³)	0,75	Tn
V	= C/P_e = volumen neto diario de diseño	0,409	m ³
V_a	= $A_s H_s$ = volumen disponible para almacenamiento de diseño siendo $A_a = 6,24 \text{ m}^2$ = base de la tarima de madera y $H = 1,80 \text{ m}$ de altura = altura de la estiba de bolsa	11,232	m ³
t_a	= $V_a / (V \cdot p)$ = tiempo medio de almacenamiento de diseño, siendo $p = 1,1$ = factor de ocupación	27,5	d
t'_a	= ídem en la 1ª etapa	55,0	d

3.9.2.3. Tanques de Preparación de la Suspensión de Cal Hidratada (Lechada de Cal) al 2%

c	= concentración de la lechada de cal = 2%	0,20	Kg/m ³
V_L	= C/c = volumen diario de diseño de lechada de cal al 2%	15,33	m ³
V'_L	= ídem en la 1ª etapa	7,67	m ³
V_t	= volumen de cada tanque, similar al del sulfato de aluminio	6,00	m ³
N_t	= número de tanques (1 de reserva)	2	
N'_t	= ídem en la 1ª etapa (1 de reserva)	2	

3.9.2.4. Tolva Para Depósito de Inertes

V_d	= volumen de cada tolva igual a las de sulfato de aluminio	0,525	m ³
t_i	= tiempo media de residencia disponible, semejante al de sulfato de aluminio, por ser también 1,1 Tn/m ³ el peso específico del material depositado	27	días

3.9.2.5. Dosificación de la Solución al 2%

V_s	= caudal de diseño a dosificar de la solución al 2% = 15,33 m ³ /d	639	l/h
N_d	= número de bombas dosificadoras electroneumáticas a diafragma (1 de reserva) (0 a 600 l/h)	2	

3.9.3. Polielectrolitos

3.9.3.1. Consumo

Dependen de la calidad del agua cruda y del tipo de tratamiento (convencional o filtración directa), generalmente entre 0,1 a 10 mg/l para polielectrolitos aniónicos y no iónicos.

3.9.3.2. Almacenamiento

Generalmente vienen en bolsas de 20 Kg, que se almacenan debajo del estante de dosadores.

3.9.3.3. Tanque de Preparación

Se diseña un solo tanque semejante a los anteriores. La concentración de la solución es de 0,1 a 1,0%, de difícil dosificación por ser muy viscosa.

3.9.3.4. Tolva de Inertes Depositados

También se proyecta como en los tanques anteriormente descritos.

3.9.4. Desinfección con Solución Clorada

3.9.4.1. Consumo

D	= dosis media de gas cloro: 1,5 mg/l	0,0015	Kg/m ³
D _{máx}	= dosis máxima de gas cloro: 2,0 mg/l	0,0020	Kg/h
C	= d . Q = consumo medio de diseño: 1,78 Kg/h	42,77	Kg/d
C _{máx}	= d _{máx} Q = consumo máximo de diseño: 2,87 Kg/h	71,28	Kg/d
C'	= Consumo medio de la 1ª etapa: 0,89 Kg/h	21,39	Kg/d

3.9.4.2. Almacenamiento del Gas en Estado Líquido

P _c	= capacidad en peso de cada contenedor cilíndrico:	1000	Kg
q _g	= flujo de gas máximo desde cada contenedor (Manual de clorinación – Elsurir 1986), para T = 10°C (conservadora)	6,00	Kg/h
N _o	= C _{máx} /q _g = número de contenedores de diseño en operación: 0,48	1	
N _v	= número de contenedores vacíos (para su recarga)	1	
N _R	= número de contenedores de reserva (establecimiento alejado)	2	

N'_R	= número de contenedores de reserva para la 1ª etapa	1	
t_v	= P_c/C = tiempo medio de vaciado en el diseño de un contenedor	23,26	d
t'_v	= ídem en la 1ª etapa	46,52	d
$t_{vmáx}$	= $P_c/C_{máx}$ = tiempo mínimo de vaciado de un contenedor	14,03	d
t_{vmin}	= ídem para la 1ª etapa	28,06	d

3.9.4.3. Dosificadores del Gas Cloro : Cloradores

N_d	= número de dosificadores (1 de reserva), de solución al vacío	2	
C'_d	= rango de dosificación de cada clorador	4 a 90	Kg/d

3.9.4.4. Eyector

N_e	= número de eyectores (1 de reserva) para producir un vacío de 0,6 atm. y limitar una concentración máxima de 3500 mg/l de cloro	2	
q_q	= caudal mínimo de agua para producir el vacío y la solución clorada, sin contrapresión [0,012 C(m³/a)]		m³/h
Q_s	= $q_e \cdot C$ = caudal mínimo de solución clorada, de diseño 0,143 l/s el caudal	0,513	m³/h
D	= diámetro de la cañería de impulsión (3/4")	0,01905	m
U	= $L \cdot Q_s / (\pi \cdot d^2)$ = velocidad de pasaje mínima de diseño	0,502	m
j	= $10,64 \cdot Q_s^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87}$: pérdida de carga unitaria para $C = 130$	0,024	m/m
J	= pérdida de carga total para $Q_s = 0,000143 \text{ m}^3/\text{s}$ y $L = 30 \text{ m}$	0,72	m

3.9.4.5. Electrobomba “Booster”

El fabricante especifica sus características

3.10. RESERVA DE AGUA TRATADA

3.10.1. Parámetros de Diseño

N_R	= número de reserva o cisternas de agua tratada	4	
-------	---	---	--

Q_1	= Q / N_R = caudal medio por cisterna: 0,0825 m ³ /s:	297,00	m ³ /h
t_1	= V_1 / Q_1 = tiempo = máximo de permanencia hidráulica:	8	h
H_1	= altura líquida máxima (promedio) = 2,882 m. Se adopta	2,885	m
N_{md}	= número de muros divisorios longitudinales para tener flujo sinuoso para tener contacto del cloro	2	
e	= espesor de cada muro divisorio y portante	0,20	m
V_1	= $Q_1 \cdot t$ = volumen líquido útil	2376,00	m ³
A_1	= V_1 / H_1 = área útil requerida	823,57	m ²
b	= separación libre entre muros divisorios	8,00	m
B	= $(N_{md} + 1) b + N_{md} \cdot e$ = ancho total de cada cisterna	24,40	m
L	= A_1 / B = longitud de cada cisterna = 34,32 m: Se adopta	34,35	m
i	= pendiente longitudinal de la solera y del canal colector final (paralelo a uno de los muros frontales)	5	‰
b_c	= ancho de la canaleta colectora de longitud $B = 24,40$ m	0,40	m
d_c	= diámetro de cada caño de acceso y salida del agua filtrada, de $U = 0,657$ m/s	0,400	m

3.11. SISTEMA DE CONDUCTOS DE DESAGÜE

Q_d	= Q_o = caudal instantáneo de descarga en cada línea de un decantador (según numeral 5.4.3.) (gobierna)	0,394	m ³ /s
A_p	= Q_d / U_p = área de pasaje para $U_p = 1,80$ m/s	0,2189	m ²
D_p	= $(4 A_p / \pi)^{1/2}$: diámetro del conducto: 0,528 m. Se adopta	0,500	m
i	= $10,46 Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87}$ = pendiente piezométrica de la cañería	0,0067	m/m

3.12. PLANILLA DE CÁLCULO DEL PERFIL HIDRÁULICO Y DE PÉRDIDA DE CARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Item	Sectores de la Planta de Tratamiento	Perdida de Carga	Sumatoria de Pérdida de carga	Nivel
	<p><i>Parámetros Básicos de Diseño</i></p> <p>Q = caudal de diseño = capacidad instalada total de producción: 28.512 m³/d 0,330 m³/s</p> <p>N_e = número de etapas o módulos 2</p> <p>T = temperatura de diseño 15 °C</p> <p>N_o = nivel líquido inicial (cámara amortiguadora de energía)</p>			102,45
1	<p><i>Cámara Amortiguadora de Energía</i></p> <p>V = L . B . H = volumen líquido 63,00 m³</p> <p>L = longitud: 7,00 m</p> <p>B = ancho: 3,00 m</p> <p>H = altura líquida 3,00 m</p> <p>h = desnivel entre nivel del vertedero de salida y el eje del conducto de ingreso 1,00 m</p> <p>$Z = 748.500 h \left[Q \cdot h^{1/2} / (g^{1/2} \cdot V) \right]^{2,47577} =$</p> <p>= oscilación vertical: (aceptable) 0,10 m</p> <p>$h_v = (Q / 1,705 B)^{2/3}$ = tirante sobre el umbral del vertedero de salida a cámara de carga</p> <p>N_v = nivel del vertedero de salida</p>	0,161	0,161	102,289
2	<p><i>Cámara de Carga General de la Planta de Tratamiento</i></p> <p>H = altura líquida 2,64 m</p> <p>B = ancho 3,00 m</p> <p>L = longitud 1,20 m</p> <p>V = L . B . H = volumen líquido 9,504 m³</p> <p>t = V/Q = periodo de permanencia hidráulica 28,5 s</p> <p>Δh = caída libre desde el vertedero que recibe el caudal Q = 0,330 m³/s</p> <p>N_{cc} = N_v - Δh = nivel líquido</p>	0,127	0,288	102,162
3	<p><i>Cañería de Ingreso al Medidor Parshall</i></p> <p>D = diámetro nominal de caño PRFV 0,600 m</p> <p>L = longitud del tramo 16,00</p> <p>$J_f = L (10,643 Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87})$ = pérdida de carga en el tramo por fricción, para C = 135 = coeficiente de Williams – Hazen 0,030</p> <p>$J_t = K \cdot U^2 / 2g$ = pérdida de carga en una entrada (K = 0,5) en una salida (K₂ = 1,0), K = 15 y U = 4 Q/π, D⁴ = 1,167 m/s: 0,104 m</p> <p>J_T = J_f + J_t = pérdida de carga hasta sector de medición del medidor Parshall</p>	0,134	0,422	

[illegible]

Item	Sectores de la Planta de Tratamiento	Perdida de Carga	Sumatoria de Pérdida de carga	Nivel
7	<p><i>Canal Descarga de Floculadores y Acceso a Decantadores</i></p> <p>$B = H$ = ancho = altura líquida en el pasaje por el orificio de descarga de la cámara 4: 0,56 m</p> <p>$U = (Q / 4) / (B \cdot H)$ = velocidad de pasaje 0,263 m/s</p> <p>$C_d = 0,61 [1 + 0,15 H / (2H + 2B)]$ = coeficiente de descarga 0,641</p> <p>$J = (U / C_d)^2 / 2g$ = pérdida de carga en el pasaje 0,008</p> <p>$N_{cd} = N_{f4} - J$ = nivel en el canal colector de agua floculada 101,804</p>	0,008	0,646	101,804
8	<p><i>Decantadores</i></p> <p>L = lado del orificio superficial de pasaje a cámara de acceso a decantadores 0,70 m</p> <p>$U_1 = (Q/4) / L^2$ = velocidad de pasaje 0,168 m/s</p> <p>$J_1 = (U_1 / C_d)^2 / 2g$ = pérdida de carga en el pasaje</p> <p>N_1 = nivel líquido en cámara de acceso</p> <p>n_o = número de orificios rectangulares practicado en ambos muros del conducto que reparte el caudal a ambas filas de placas 14</p> <p>b_o = ancho de cada orificio 0,48 m</p> <p>h_o = altura de cada orificio 0,10 m</p> <p>$U_o = (Q/4) / (n_o \cdot b_o \cdot h_o)$ = velocidad de pasaje por cada orificio 0,123 m/s</p> <p>K = coeficiente de pérdida de carga en 1 Entrada (0,5), 1 salida (1,0) y un giro 90° : 1,9</p> <p>$J_o = K \cdot U_o^2 / 2g$ = pérdida de carga en el pasaje en cada orificio 0,001</p> <p>$N_d = N_1 - J_o$ = nivel líquido en los decantadores 101,800</p>	0,003	0,649	101,801
9	<p><i>Descarga del Agua Decantada al Canal Colector</i></p> <p>D_c = diámetro interno de cada caño colector de A° C°, de espesor $e = 0,011$ m : 0,150</p> <p>h_c = carga hidráulica sobre la generatriz superior de cada caño 0,10 m</p> <p>$H_c = h_c + D_c + 2e$ = diferencia de niveles líquidos y generatriz inferior de cada caño:</p> <p>$N_{gi} = N_d - H_c$ = nivel de la generatriz inferior 101,528</p>	0,272	0,922	101,528
10	<p><i>Canal Colector de Agua Decantada</i></p> <p>Δh_{min} = caída libre mínima desde la generatriz inferior de los caños colectores y el nivel máximo que puede producirse en el canal</p> <p>$N_o = N_{gi} - \Delta h_{min}$ = nivel máximo en el canal colector que se ocasiona por variaciones de niveles en los filtros 101,508</p>	0,020	0,942	101,508

Item	Sectores de la Planta de Tratamiento	Perdida de Carga	Sumatoria de Pérdida de carga	Nivel
11	<p><i>Niveles Operativos en el Canal Colector y de Acceso a las Baterías Durante las Carreras</i></p> <p>a) Lavado de los filtros con la velocidad máxima de diseño</p> <p>$U_L máx$ = velocidad máxima admitida=1,00m/min 1,67 cm/s $Q_L = Q / 2$ = caudal de lavado de cada unidad: 0,165m³/s $N_L máx = N_0$ = nivel máximo en un filtro mientras se lava el más sucio 101,500 $h_L = N_L - N_2$ = aumento del nivel líquido durante el lavado del filtro más sucio de la batería de la Memoria Técnica 0,143 $N_2 = N_L - h_L$ = nivel máximo en el filtro cuando termina la carrera de la batería, cuando comienza el lavado de la unidad más sucia 101,365 $h_0 = N_2 - N_i$ = aumento del nivel líquido entre lavados sucesivos de los filtros de la batería (de Memoria Técnica) 0,189 $N_1 = N_2 - h_0$ = nivel mínimo en un filtro cuando se comienza la carrera del filtro recién limpiado de la batería (de Memoria Técnica) 101,176 H_d = pérdida de carga de diseño de la batería (de la Memoria Técnica) puede variar entre 0,5 y 1,50 m 0,739 $N_L = N_2 - H_d = N_1 + h_0 - H_d$ = nivel líquido constante para el caudal filtrado, Q/2 en el canal común de agua filtrada de la batería 0,55 $h_v = [(Q/2) / (1,838 L_v)]$ = tirante líquido sobre la cresta del vertedero general de descarga del caudal Q/2 filtrado de la batería, de longitud $L_v = 1,50$ m, dividido en tres tramos iguales de 0,50 m 0,153 $N_v = N_L - h_v$ = nivel de vertedero que se mantiene Constante para Q/2 y $D_L máx$ 100,473</p> <p>b) Lavado de los filtros con la velocidad mínima de diseño</p> <p>$U_L mín$ = velocidad mínima admitida=0,55m/min: 0,917 cm/s $Q_L = Q / 2$ = caudal de lavado de cada unidad: 0,165 m³/s $\Delta L = H_L máx - H_L mín$ = diferencia de cargas hidráulicas desde el nivel del umbral del vertedero general y el correspondiente a los a los bordes de las canaletas de lavado, siendo $H_L máx = 1,011$ m y $H_L mín = 0,605$ m (de Memoria de Cálculo): 0,406 m $N_L mín = N_L máx - \Delta L = N_0 - \Delta L$ = nivel de lavado mínimo para $N_0 = 101,508$ 101,102 $N_2^1 = N_2 - \Delta L$ = nivel máximo durante las carreras de un ciclo de 6 carreras, siendo $N_2 = 101,365$: 100,959 $N_1^1 = N_1 - \Delta L$ = nivel mínimo durante las carreras de un ciclo de 6 carreras, siendo $N_1 = 101,176$: 100,770</p>			

[illegible]

4. INSTALACIONES ELECTRICAS

4.1. ELECCIÓN DE CONDUCTORES

El dimensionamiento de los conductores principales se realizó empleando el programa de cálculo DOC (Design Optimization on Computer) de ABB SACE.

Se adoptó como valor de entrada una caída de tensión máxima del 3% para el tramo entre el punto de suministro y el tablero TGRAL y del 2% desde el tablero TGRAL a los tableros secundarios.

Por razones de sollicitación mecánica, se adoptó una sección mínima del conductor de fase de 4 mm^2 .

En el caso particular del conductor alimentador del tablero IL/TM (TGRAL/6), dado que la mayoría de los consumos son monofásicos, se mayoró el resultado adoptando una formación próxima superior.

Los resultados son:

Cable	Sección conductor de fase obtenida	Formación adoptada
TGRAL/0	35 mm^2	3 . 35/16
TGRAL/1 (TGRAL/2)	$2,5 \text{ mm}^2$	4 . 4
TGRAL/3	$2,5 \text{ mm}^2$	4 . 4
TGRAL/4	1 mm^2	4 . 4
TGRAL/5	1 mm^2	4 . 4
TGRAL/6	4 mm^2	4 . 6

4.2. CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Se realizó empleando el programa de cálculo DOC.

Se adoptó como hipótesis que el suministro se obtendrá desde un sistema de 13,2 kV por medio de un transformador 13,2/0,4 kV – 160 kVA.

La potencia de transformación adoptada (160 kVA) es muy conservadora ya que triplica la potencia máxima necesaria.

Se obtiene una corriente de cortocircuito simétrica $I_{ks} = 3,96 \text{ kA}$ en barras del tablero TGRAL.

Con el objeto de definir un equipamiento de maniobra de “altas prestaciones” se adopta para el tablero TGRAL, $I_{ks} = 15 \text{ kA}$.

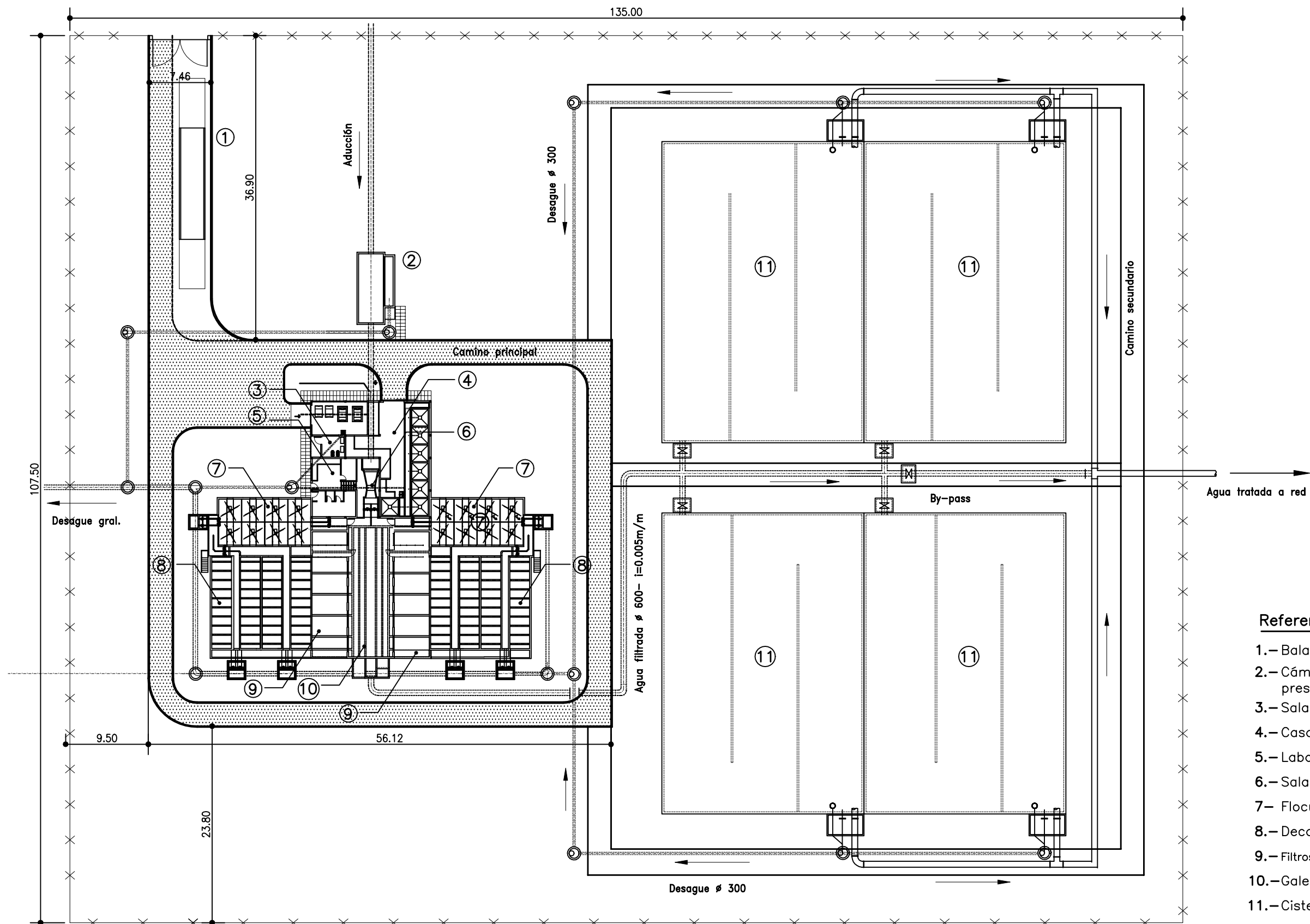
Se obtiene una corriente de cortocircuito simétrica $I_{ks} = 2,04 \text{ kA}$ en barras del tablero IL/TM, en consecuencia para los tableros secundarios, se adopta una $I_{ks} = 5 \text{ kA}$, lo que define un equipamiento de maniobra estándar de alta calidad.

4.3. CÁLCULO ALUMBRADO INTERIOR

- Superficie a iluminar = S
- Nivel de iluminación = E_m
- Tipo de lámparas adoptado = fluorescentes 2 . 36W
- Flujo luminoso (Φ) = 2 . 3000 = 6000 lúmenes
- Coeficiente de utilización (K_u) = 0,44
- Coeficiente de depreciación (K_d) = 0,8

$$\text{Número de artefactos necesarios (n)} = \frac{E_m \cdot S}{\Phi \cdot K_u \cdot K_d} = E_m \cdot S \cdot 0,0004734$$

Área	S (m ²)	E_m (lux)	n cálculo	N adoptada
Sala de tambores y balanza	30	250	3,55	4
Sala cloración	9	250	1,06	1
Laboratorio	15	500	3,55	4
Sala tablero eléctrico	5	250	0,59	1
Sala depósito y dosificación	80	250	9,46	6 + 4
Sala de medición	15	250	1,77	2
Sanitarios	20	250	2,36	3



Referencias:

- 1.- Balanza para camiones
- 2.- Cámara Amortiguadora de presión y Cámara de Carga
- 3.- Sala de Cloración
- 4.- Casa Química
- 5.- Laboratorio
- 6.- Sala de medición
- 7.- Floculadores
- 8.- Decantadores
- 9.- Filtros
- 10.- Galerías de Comandos
- 11.- Cisternas

NOTAS:

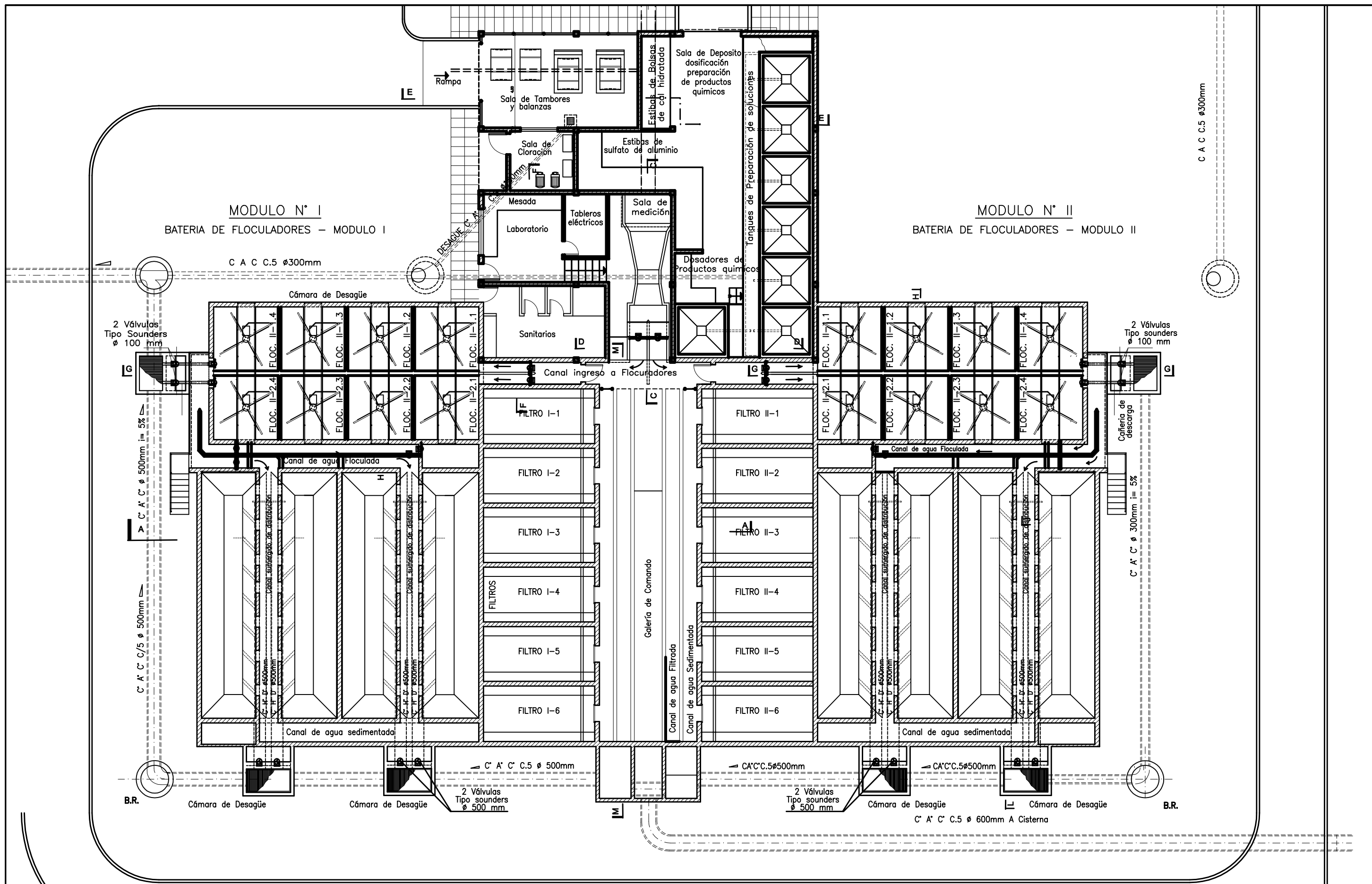


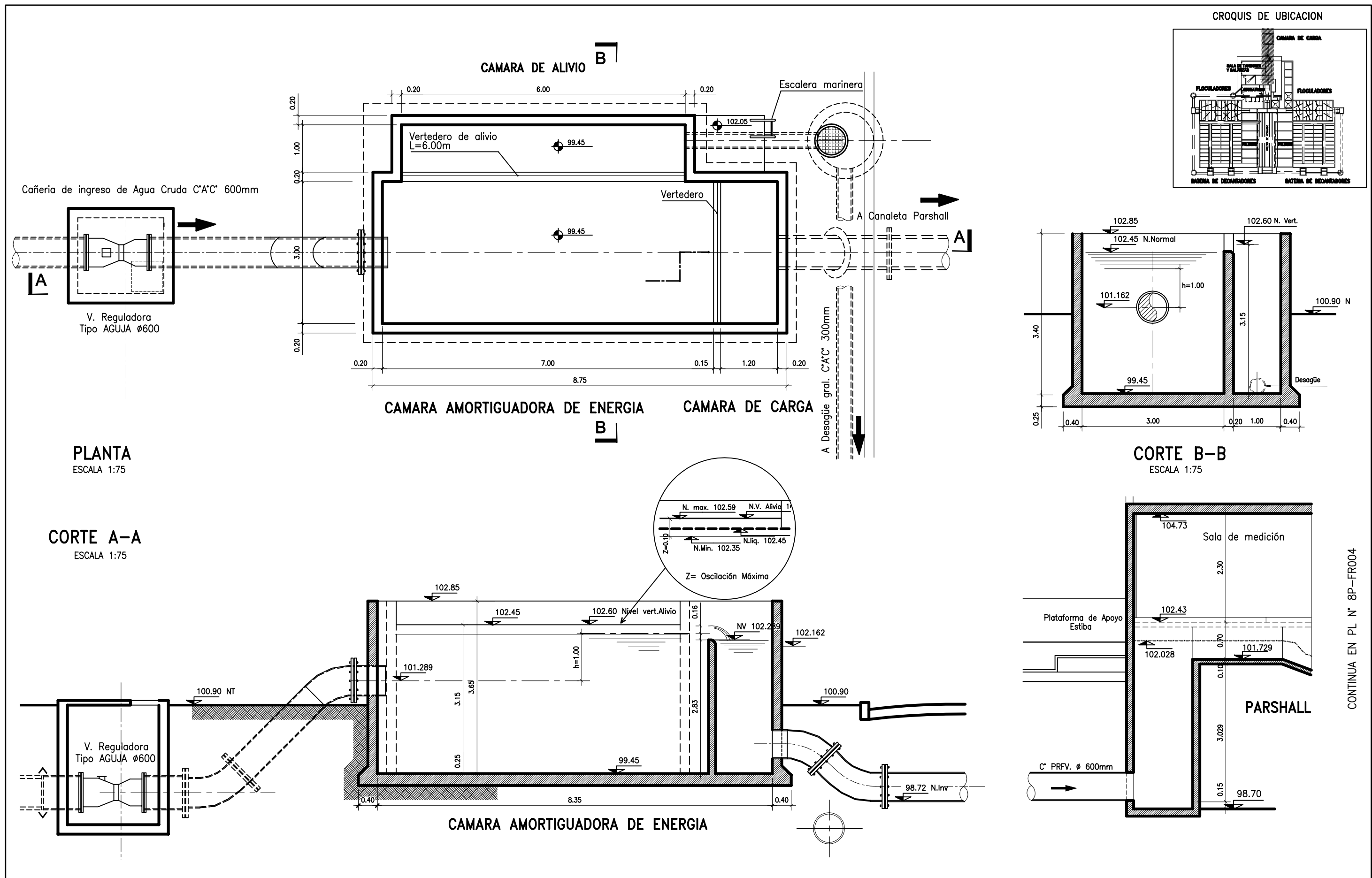
PODER EJECUTIVO NACIONAL
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE
ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO



TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s
IMPLANTACION GENERAL

Proy.	N° 8P-FR001	HOJA
Dibujo	Fecha	
Ing.Proy.	Escala 1:500	1.de.28

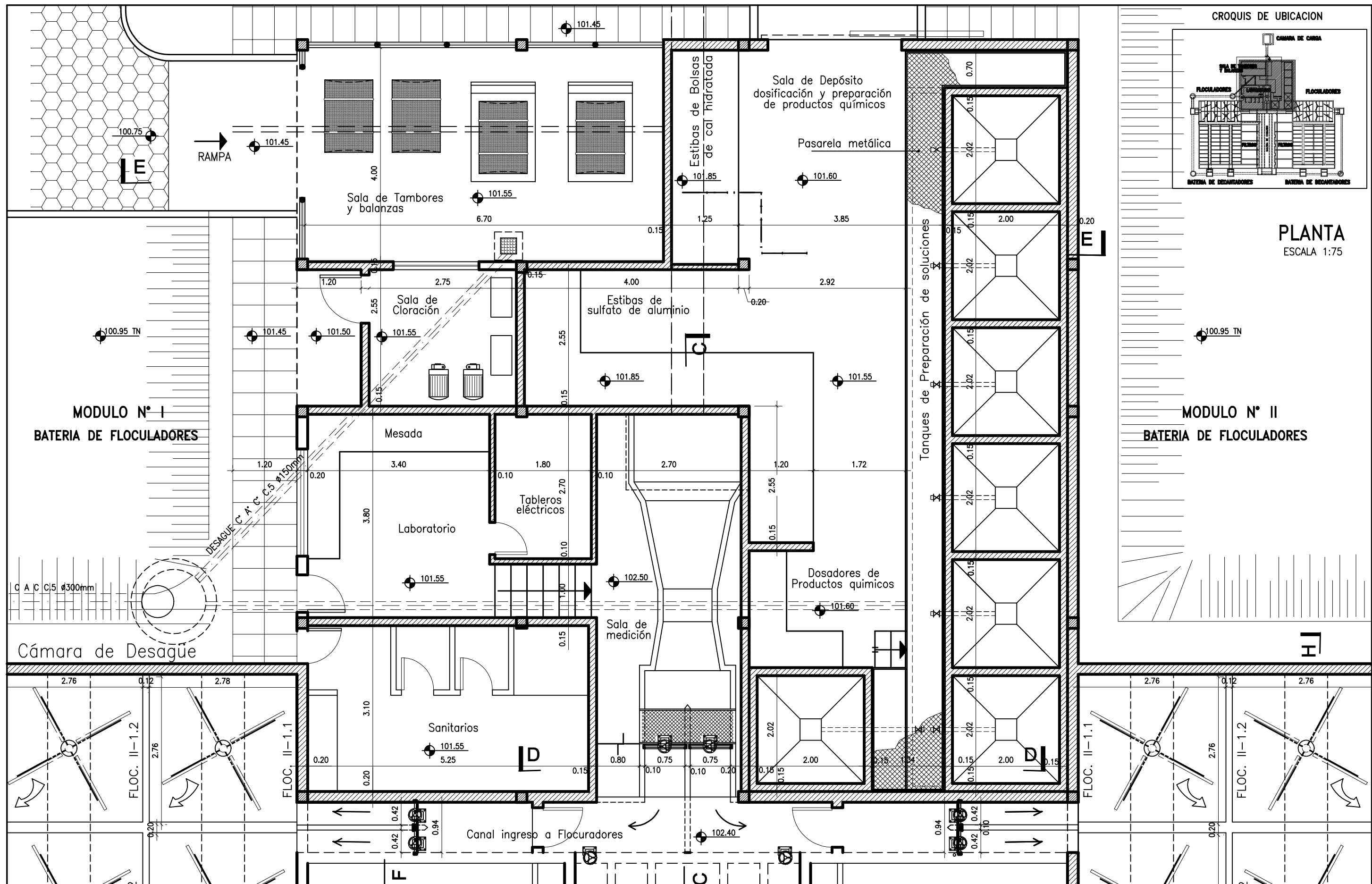
REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO

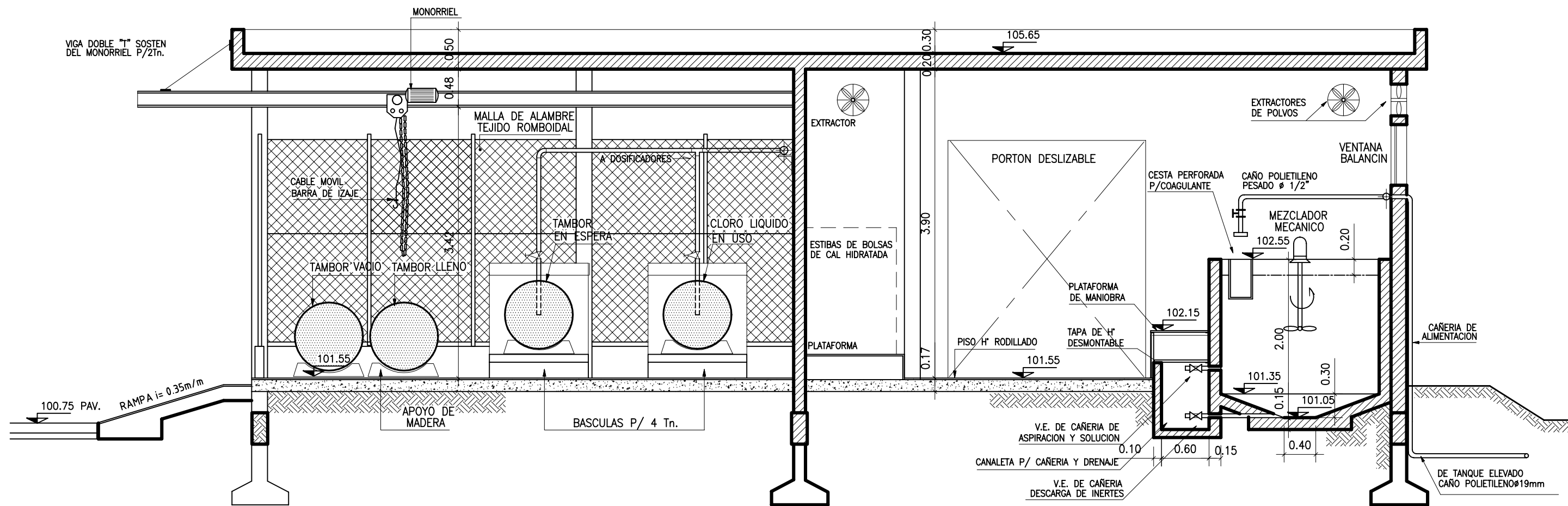




NOTAS:				 HYTSA <i>hytsa estudios y proyectos s.a.</i>  INGENIERIA SRL	PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO			
REF.					TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s CAMARA AMORTIGUADORA Y CARGA	Proy.	N° 8P-FR004	HOJA
						Dibujo	Fecha	
	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO			Ing.Proy.	Escala 1:75	

CONTINUA EN PL N° 8P-FR004





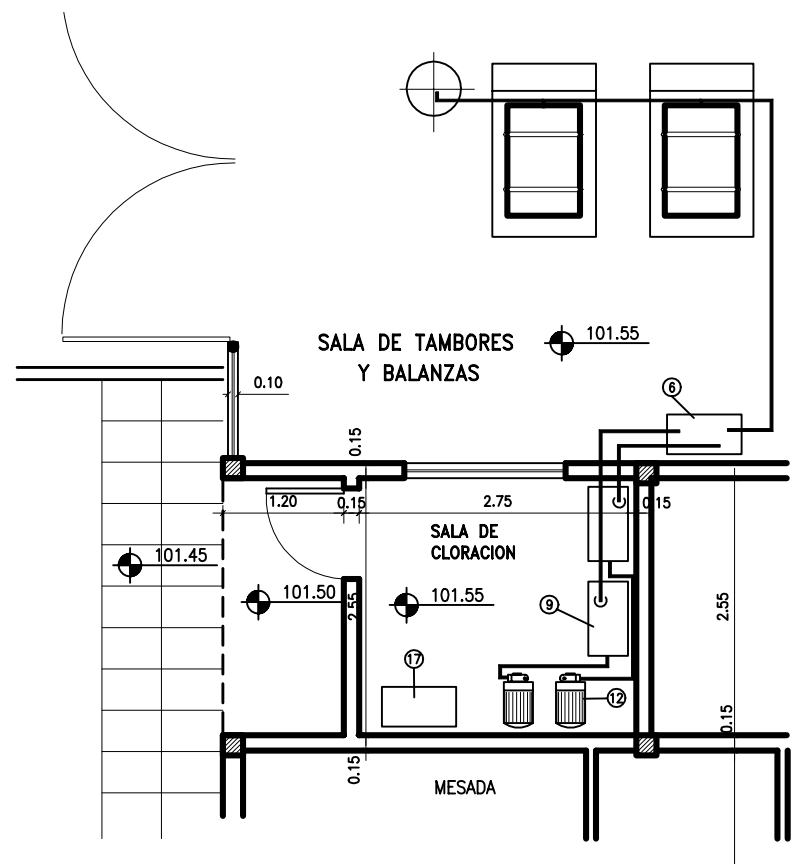
CORTE E-E
ESCALA 1:50

NOTAS:

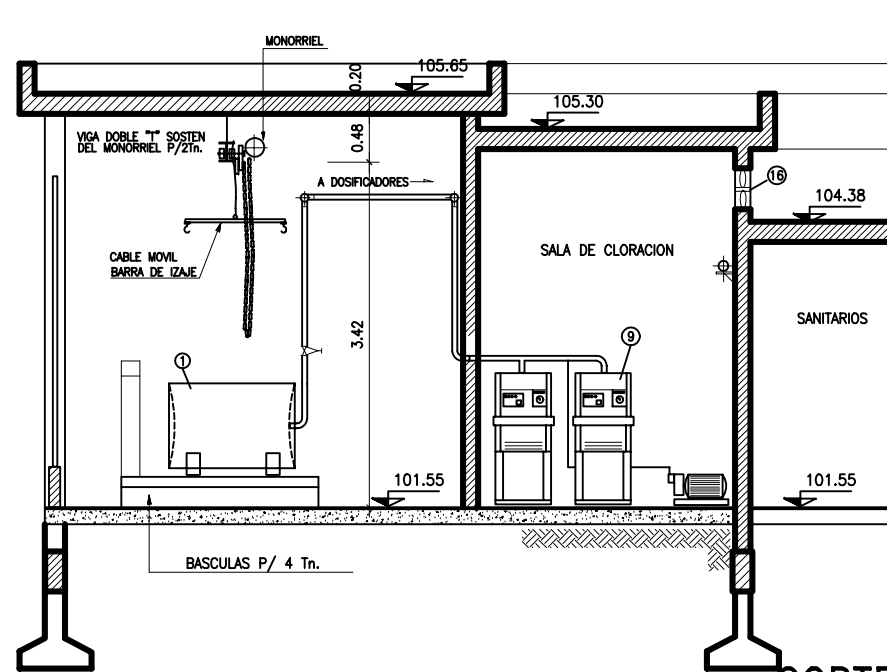
REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO



<p>PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO</p>			
<p>TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s CLORACION- CORTE E-E</p>		<p>Proy. N° 8P-FR007</p>	<p>HOJA</p>
<p>Dibujo</p>		<p>Fecha</p>	<p>Z.de28</p>
<p>Ing.Proy.</p>		<p>Escala</p>	

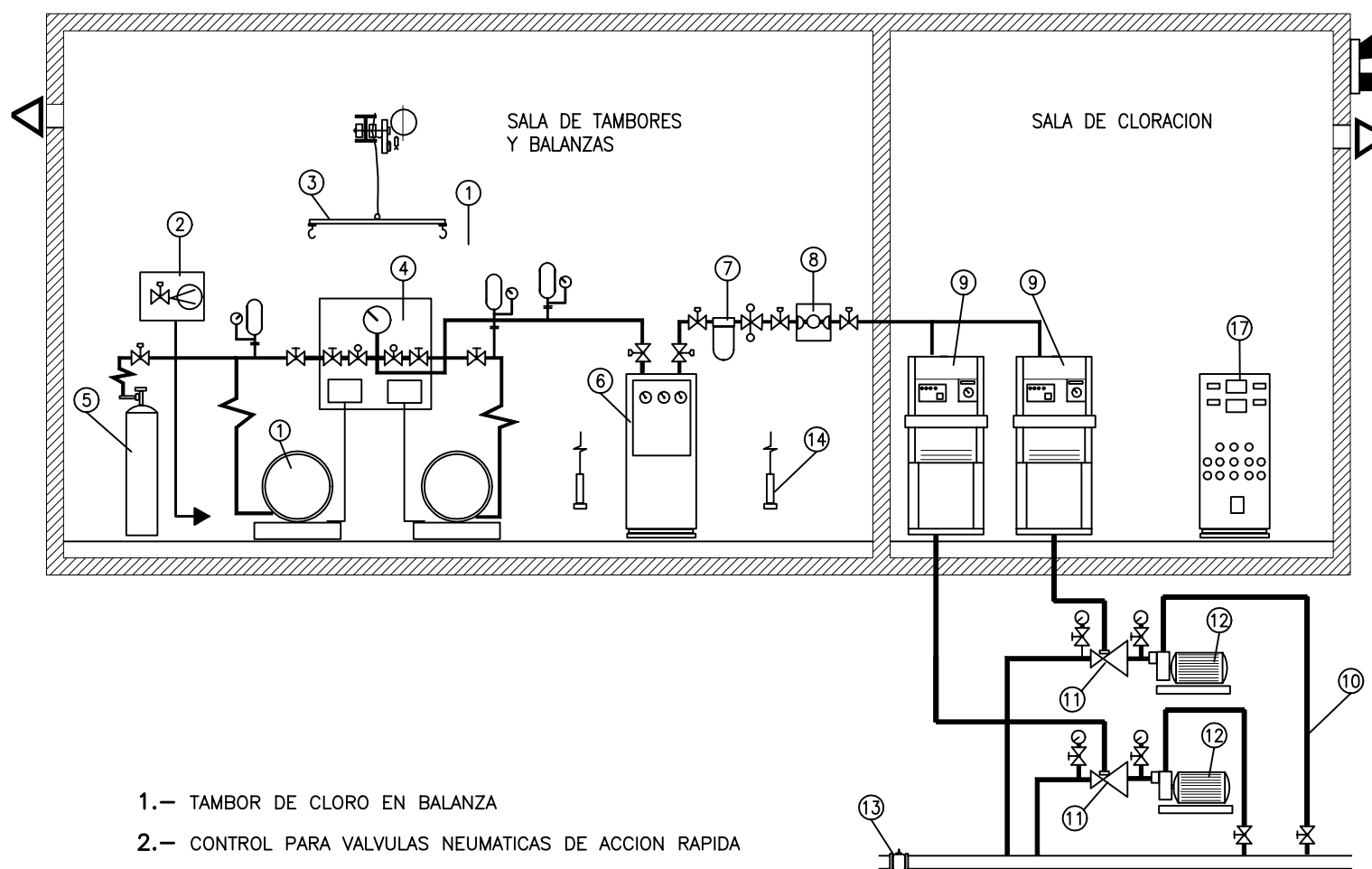


PLANTA
ESCALA 1:50



CORTE F-F
ESCALA 1:50

ESQUEMA DE CONEXIONES



- 1.- TAMBOR DE CLORO EN BALANZA
- 2.- CONTROL PARA VALVULAS NEUMATICAS DE ACCION RAPIDA
- 3.- DISPOSITIVO PARA IZAJE DE TAMBORES DE CLORO
- 4.- DISPOSITIVO PARA PESAJE DE TAMBORES DE CLORO
- 5.- DISPOSITIVO PARA MEZCLA POR NITROGENO
- 6.- EVAPORADOR DE CLORO
- 7.- DISPOSITIVO DE REDUCCION DE PRESION Y FILTRACION DE GAS CLORO
- 8.- REGULADOR DE CLORO CON VALVULA DE SEGURIDAD
- 9.- DOSIFICADOR DE GAS CLORO
- 10.- LINEA DE AGUA PARA ALIMENTACION
- 11.- INYECTOR DE ALTA CAPACIDAD
- 12.- BOMBAS EYECTORAS TIPO BOOSTER
- 13.- TRANSMISOR DE FLUJO CON SALIDA
- 14.- SENSOR DE GAS CLORO
- 15.- DISPOSITIVO DE ALARMA OPTICO O ACUSTICO
- 16.- EXTRACTOR
- 17.- PANEL CENTRAL DE CONTROL CON INTERFACE PARA COMPUTADOR

NOTAS:

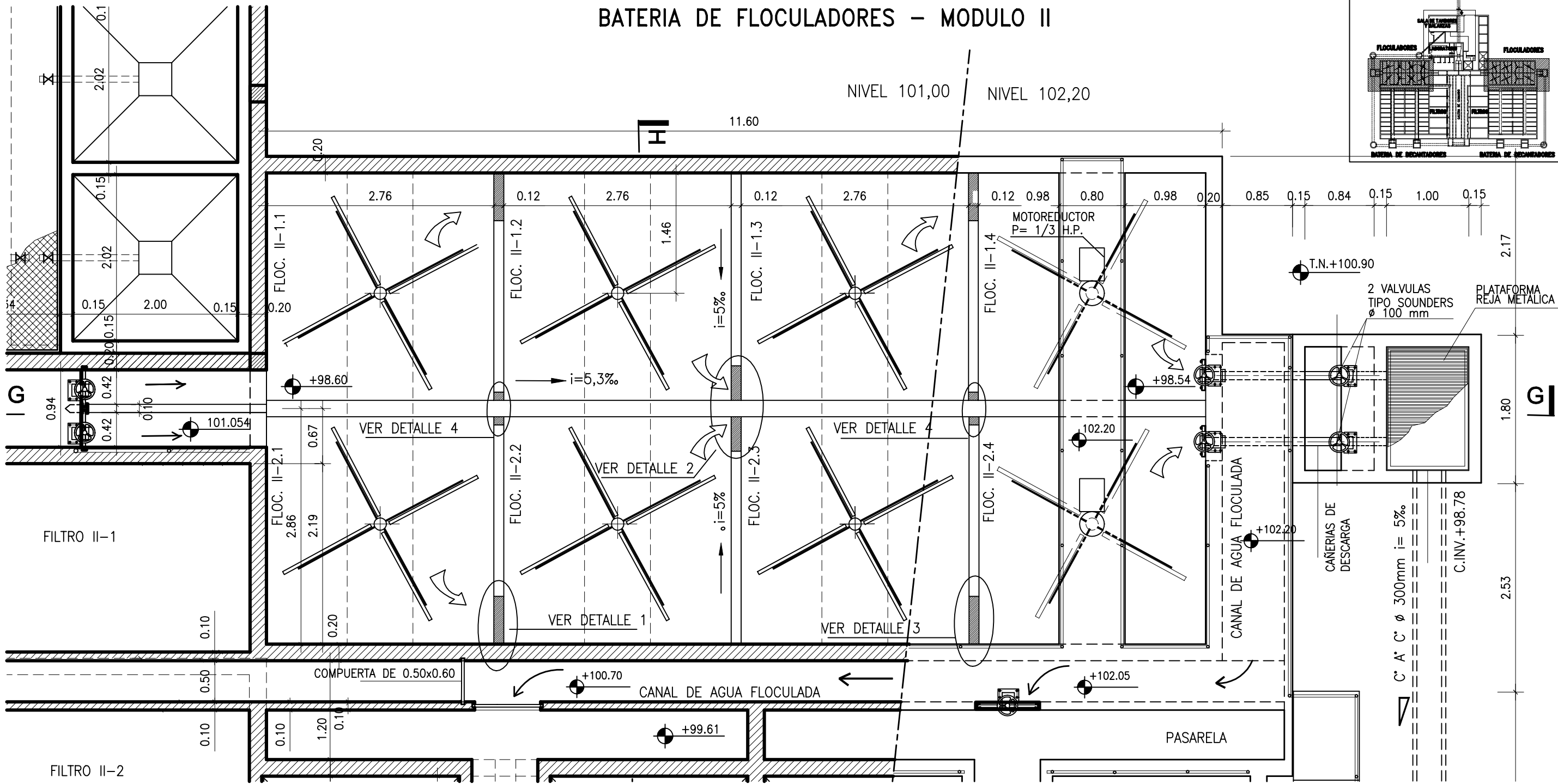
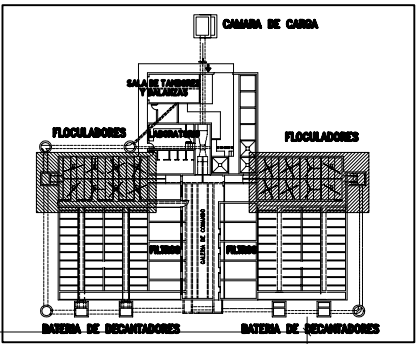
REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO



PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO			
TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s SALA DE CLORACION - DOSADORES DE CLORO		Proy.	N° 8P-FR008
		Dibujo	Fecha
		Ing.Proy.	Escala
			HOJA
			8.de.28

BATERIA DE FLOCULADORES – MODULO II

CROQUIS DE UBICACION



FILTRO II-1

FILTRO II-2

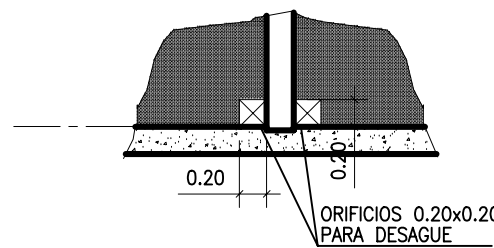
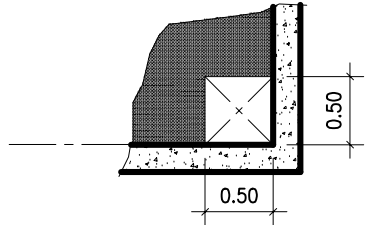
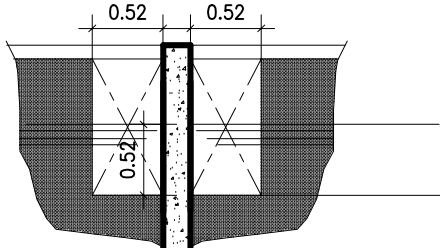
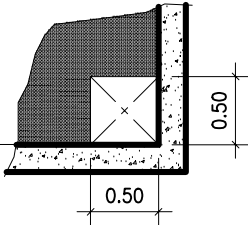
PLANTA
ESCALA 1:50

DETALLE 1

DETALLE 2

DETALLE 3

DETALLE 4



NOTAS:



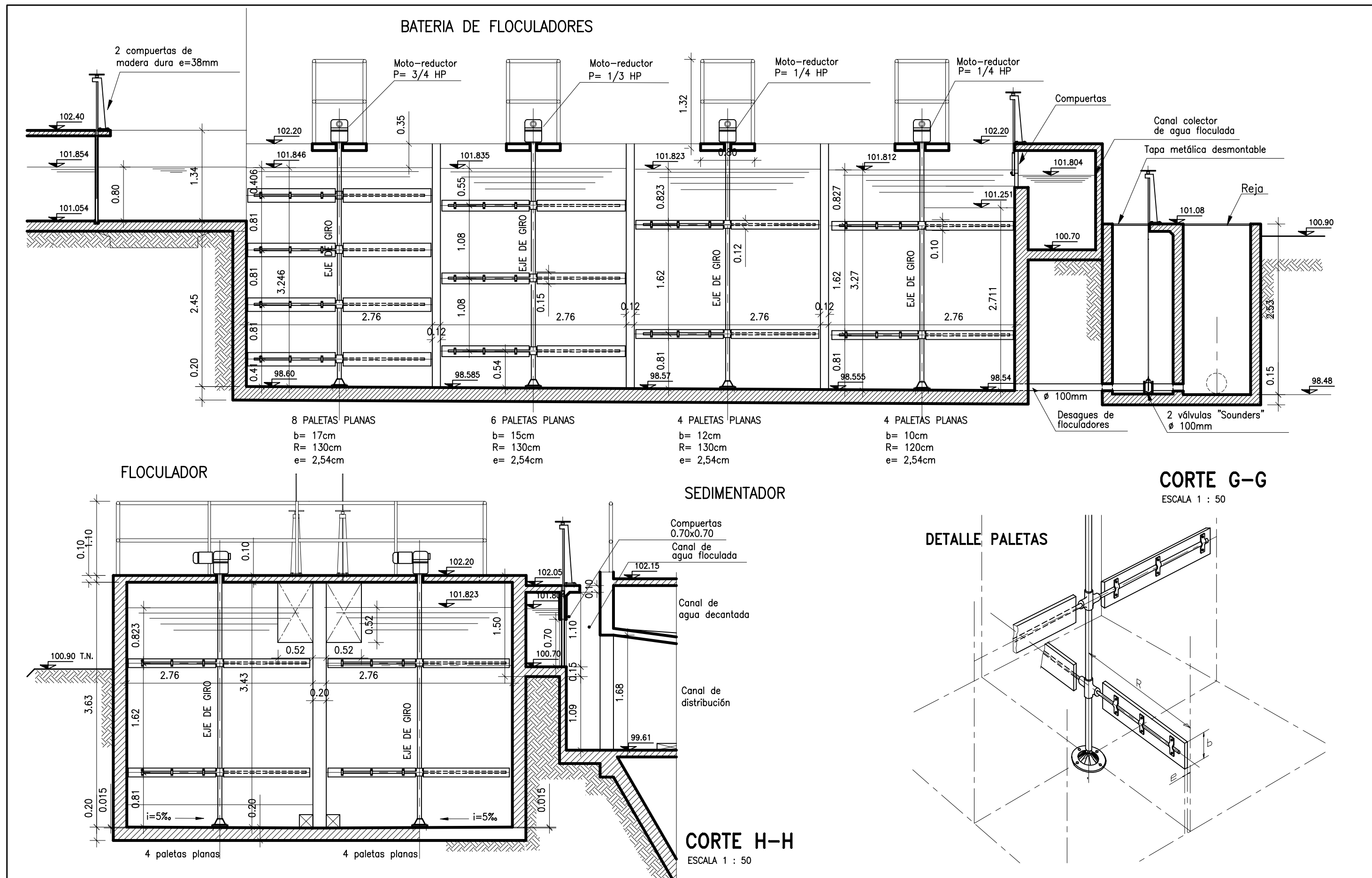
PODER EJECUTIVO NACIONAL
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE
ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO



TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s
FLOCULADORES – PLANTA

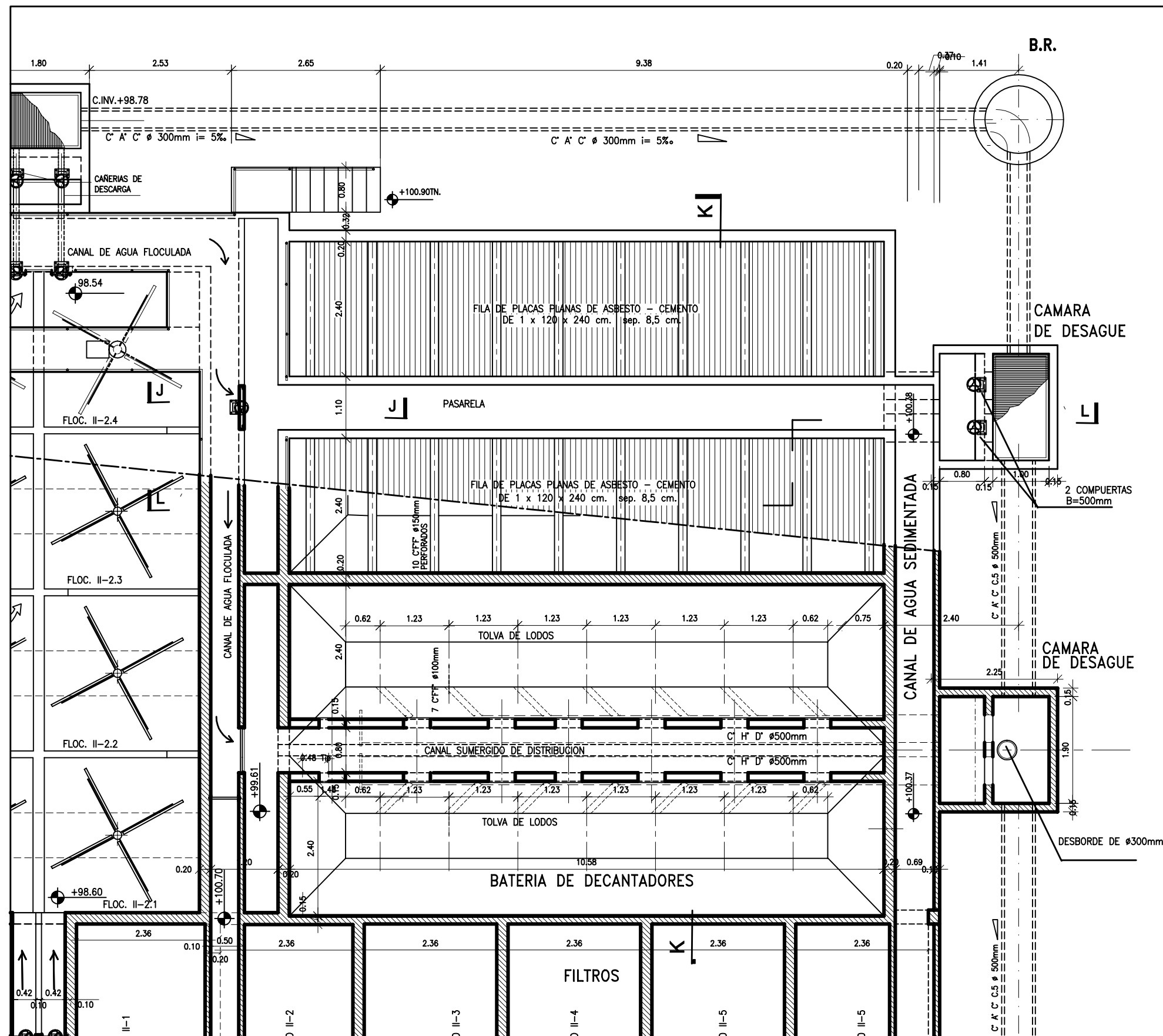
Proy.	N° 8P-FR009
Dibujo	Fecha
Ing.Proy.	Escala 1:50

HOJA
9.de28

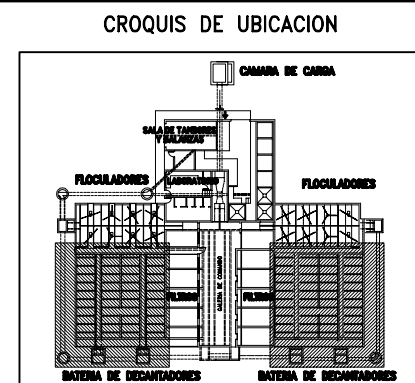
REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO



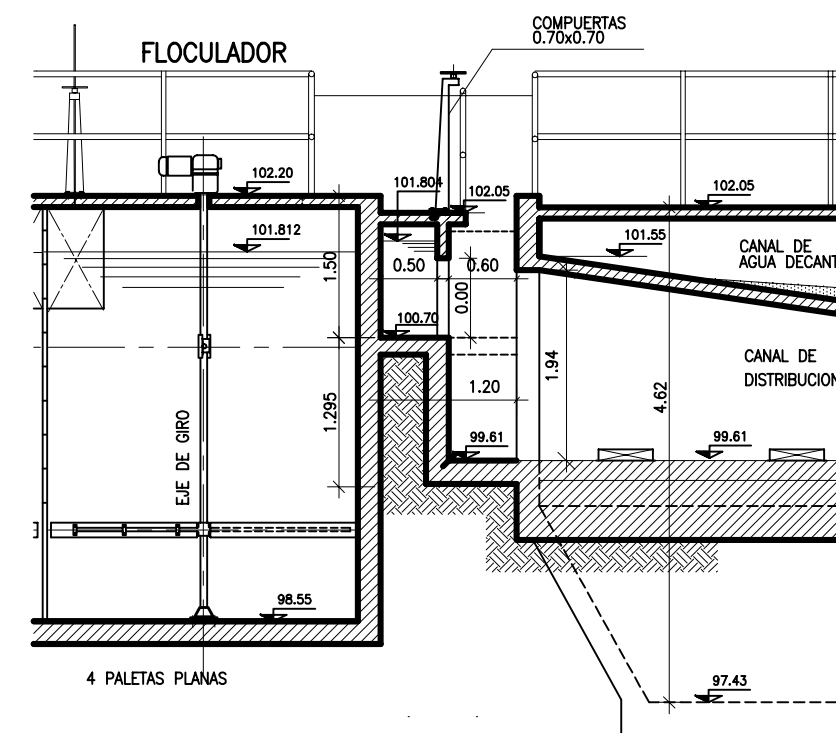
NOTAS:				 hytsa estudios y proyectos s.a.  INGENIERIA SRL	PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO			
REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO		TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s FLOCULADORES – CORTES	Proy.	N° 8P-FR010	HOJA
						Dibujo	Fecha	
						Ing.Proy.	Escala	10 de 28



PLANTA



INGRESO A SEDIMENTADORES



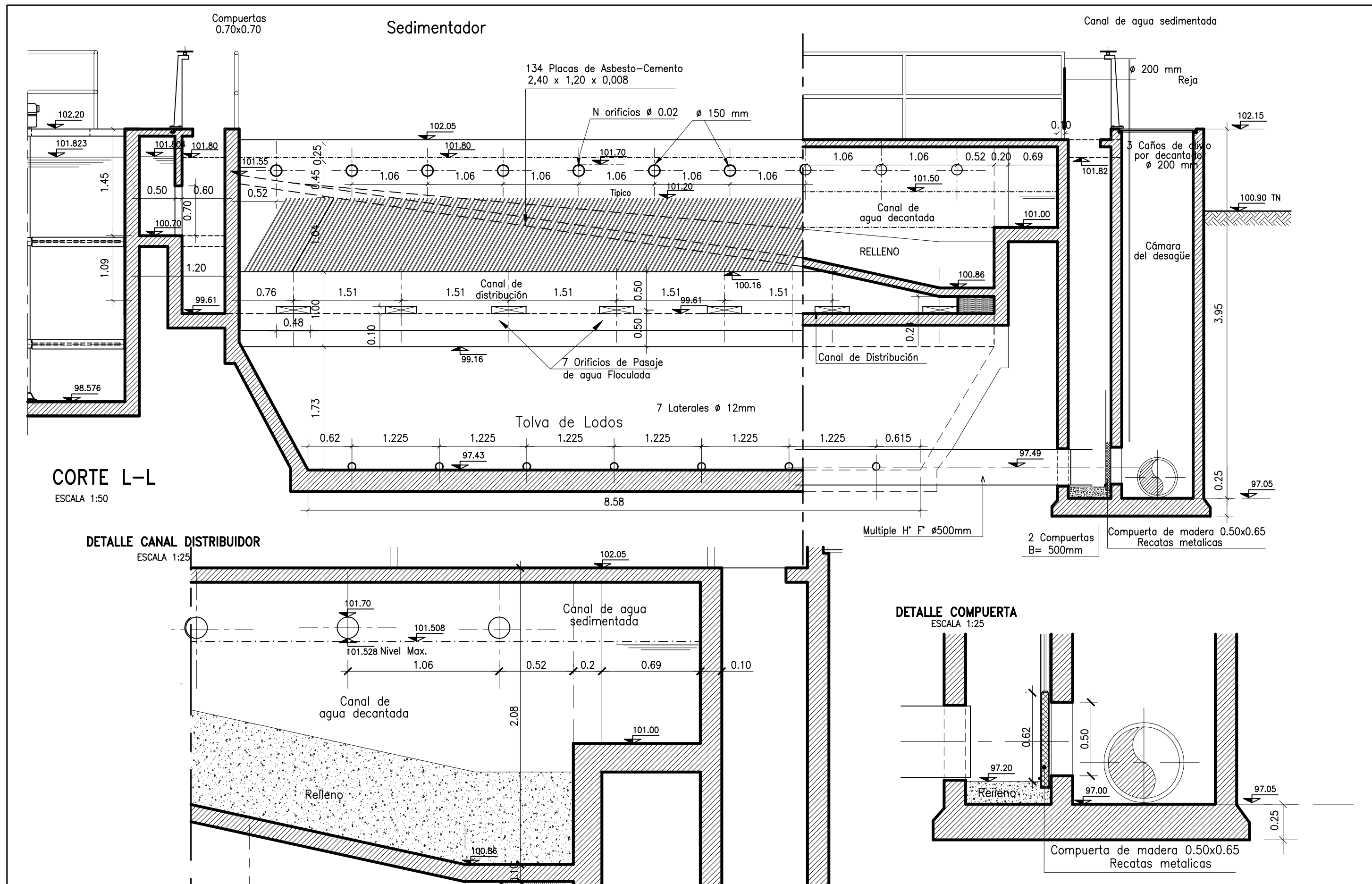
CORTE J-J
ESCALA 1:75



NOTAS:

REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO

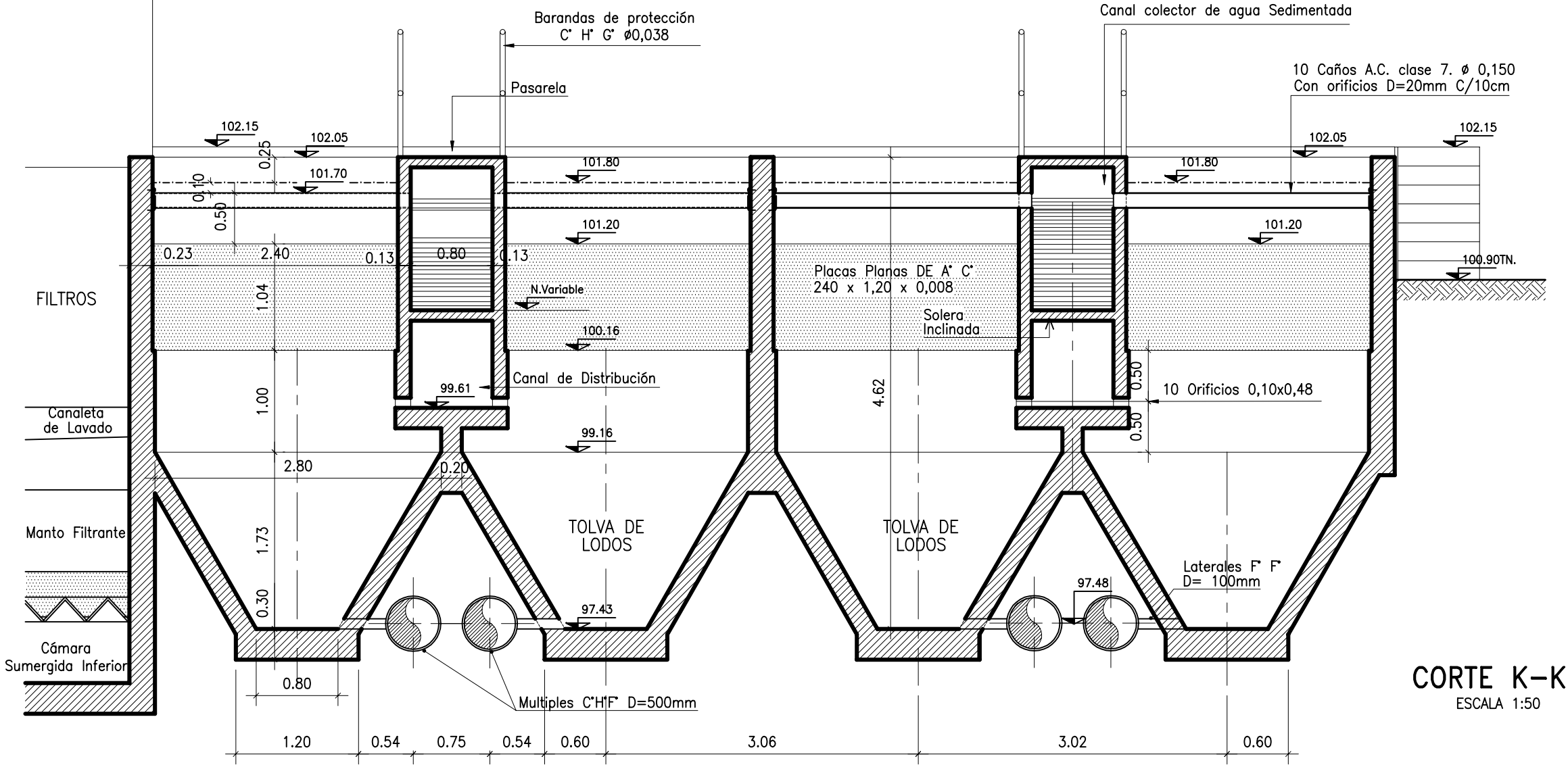
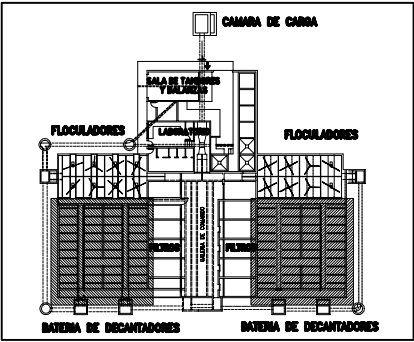


<p>PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO</p>			<p>TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s SEDIMENTADORES- PLANTA E INGRESO</p>	
Proy.	N°	8P-FR011	HOJA	
Dibujo	Fecha			
Ing.Proy.	Escala	1:1 de 28		



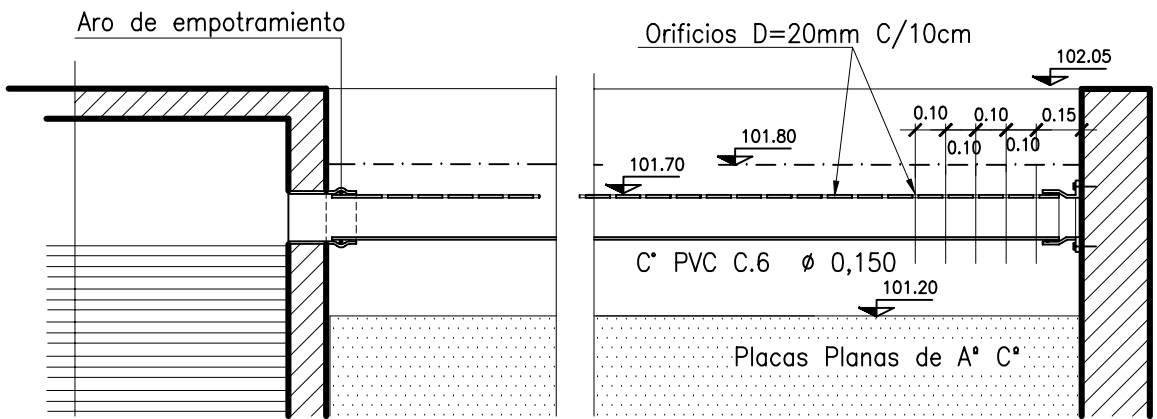
NOTAS:				 HYTSA <i>hytsa estudios y proyectos s.a.</i>  INGENIERIA SRL	PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO		
REF.					TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s SEDIMENTADOR – CORTE L-L	Proy.	N° 8P-FR012
				Dibujo		Fecha	HOJA
	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO	Ing.Prov.		Escala	12 de 28

CROQUIS DE UBICACION



CORTE K-K
ESCALA 1:50

DETALLE CANERIA COLECTORA



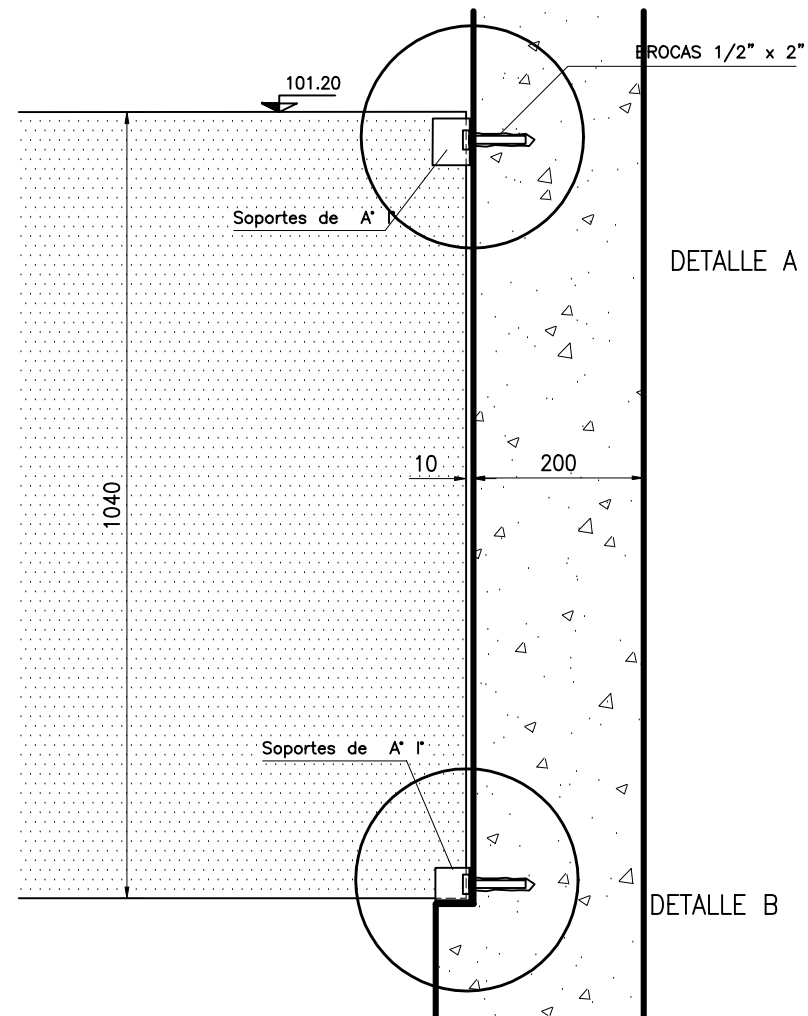
NOTAS:

REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO

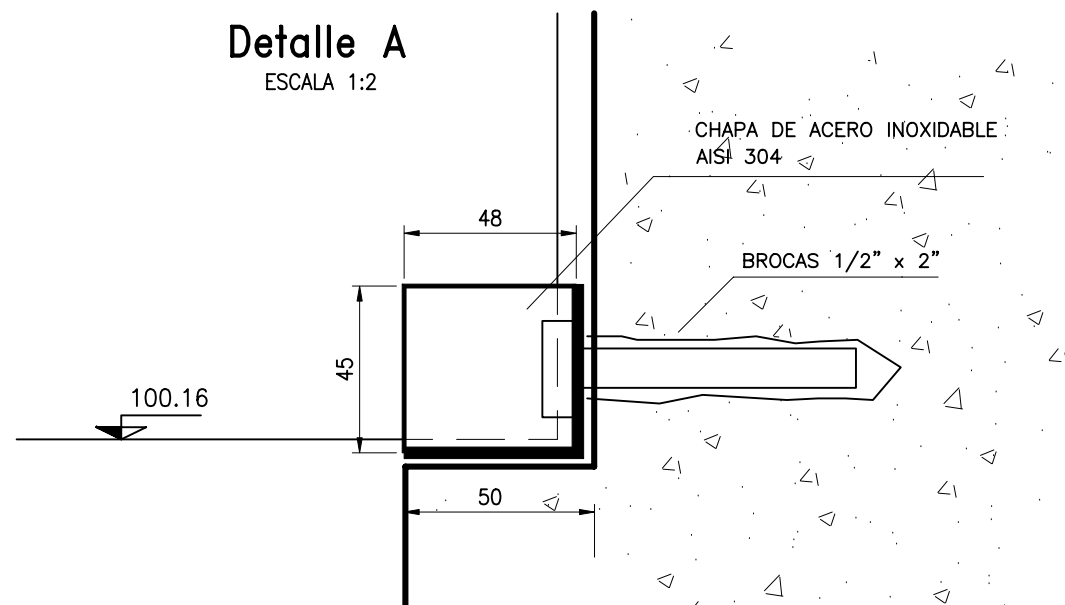


PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO			Proy.	N° 8P-FR013	
TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s SEDIMENTADORES CORTE K-K			Dibujo	Fecha	HOJA
			Ing.Proy.	Escala	13 de 28

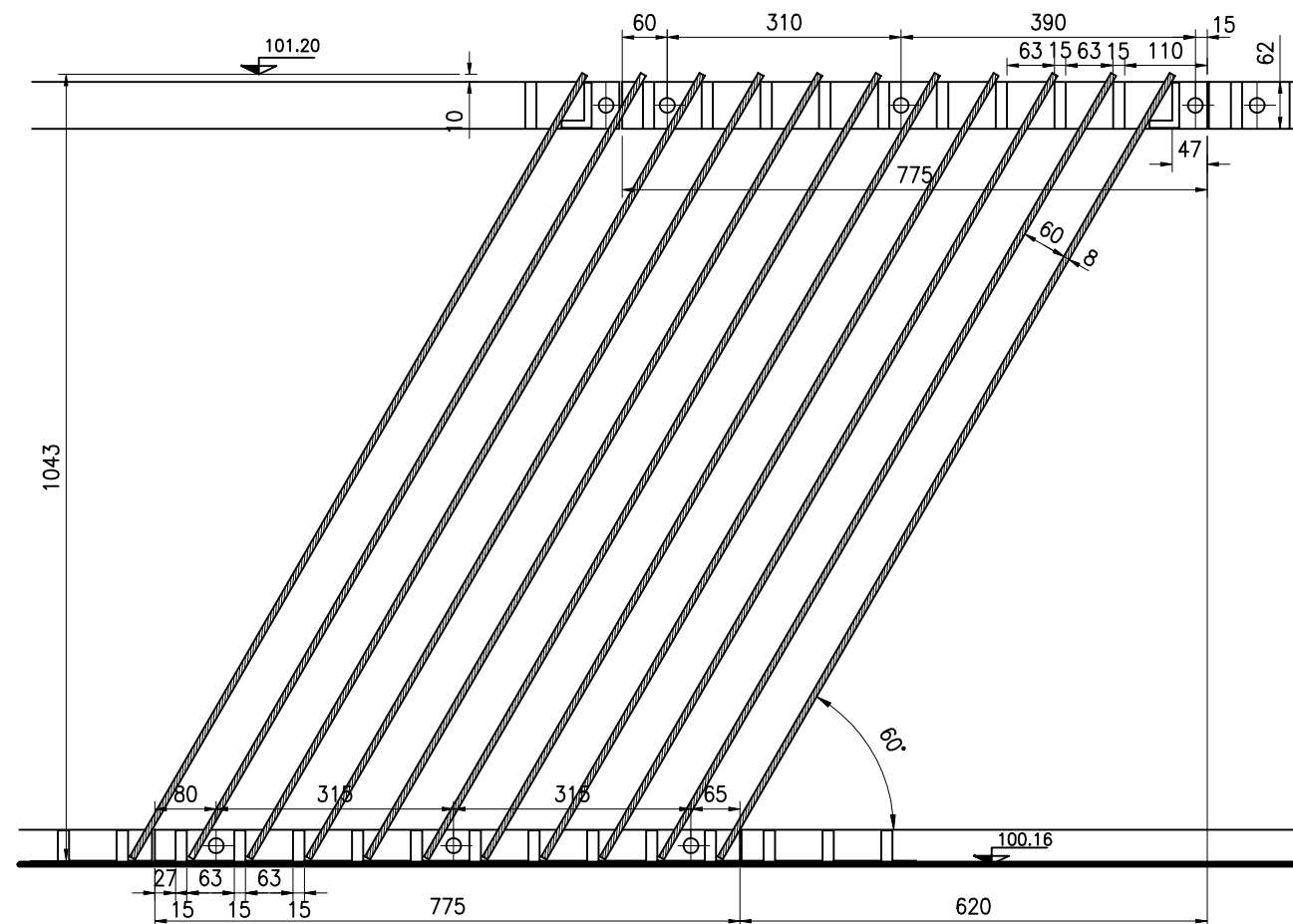
ESCALA 1:10



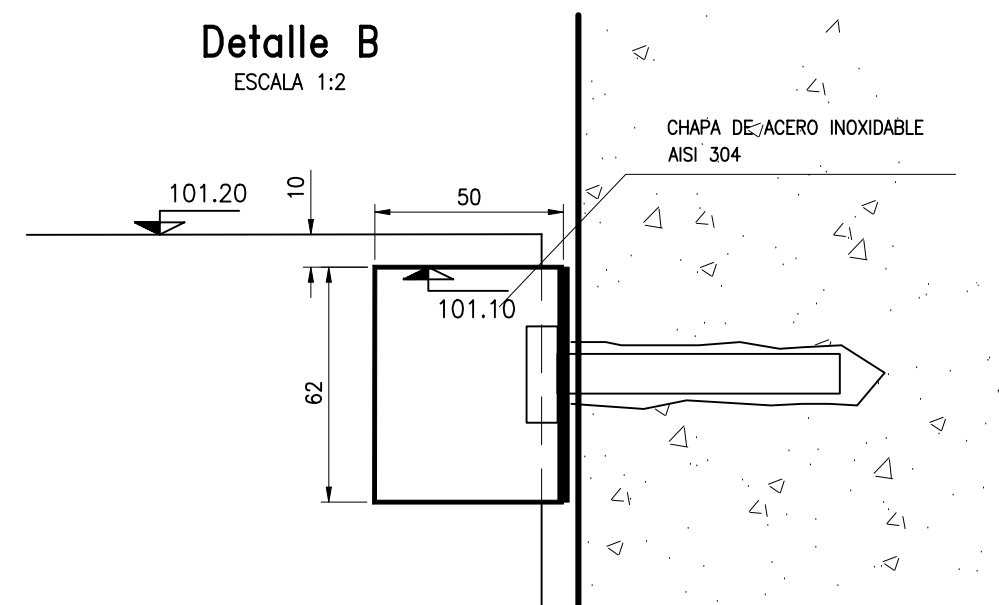
ESCALA 1:2



ESCALA 1:10



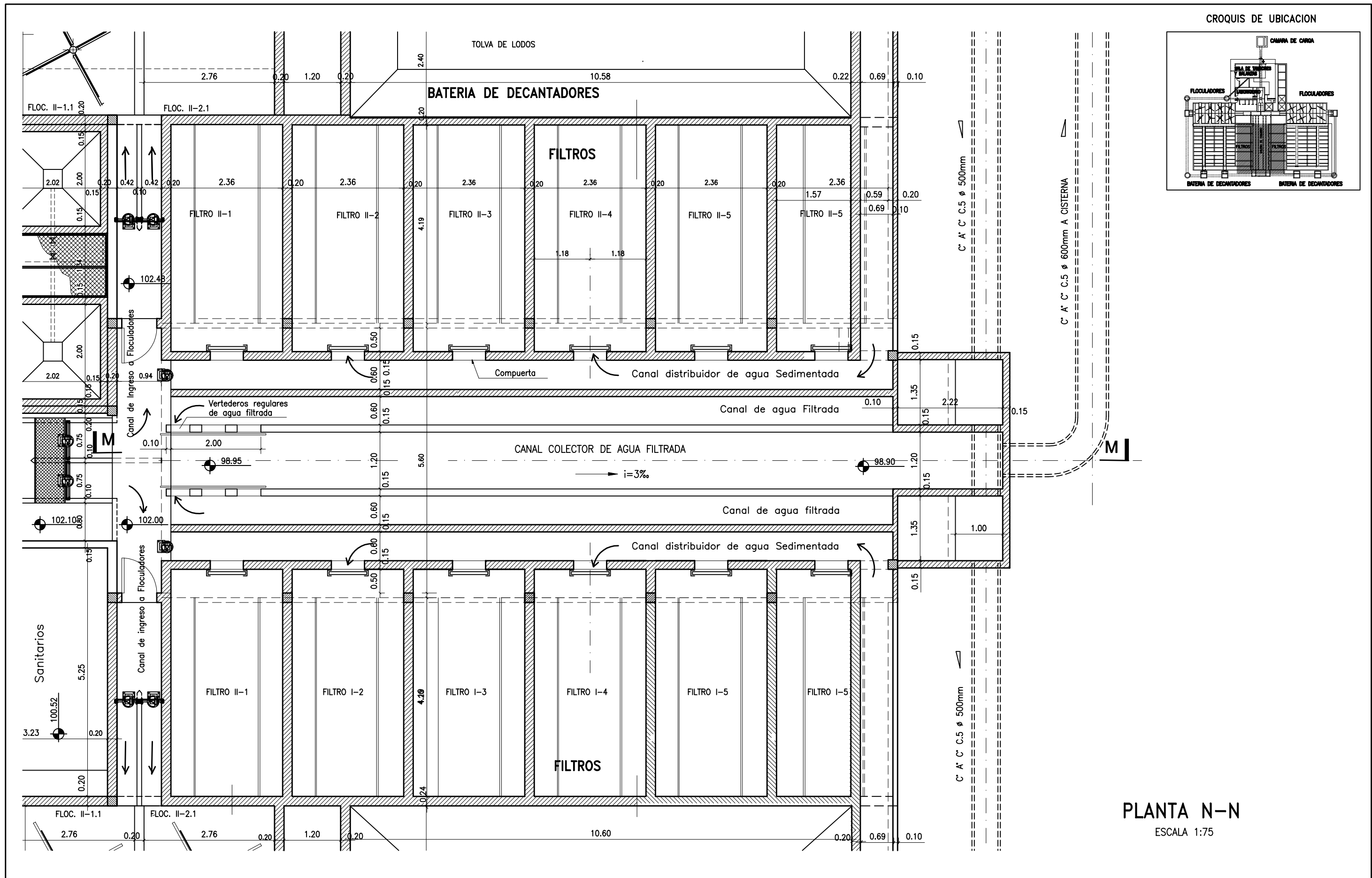
ESCALA 1:2





REF.			
	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO

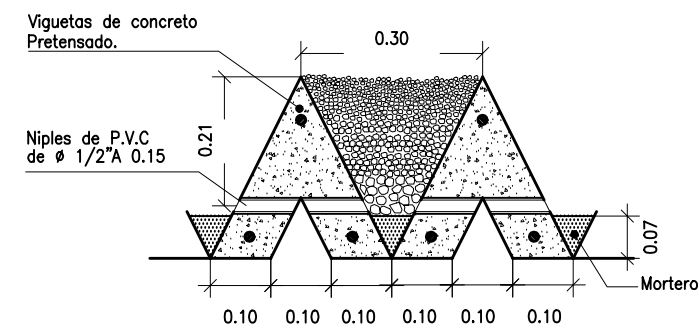
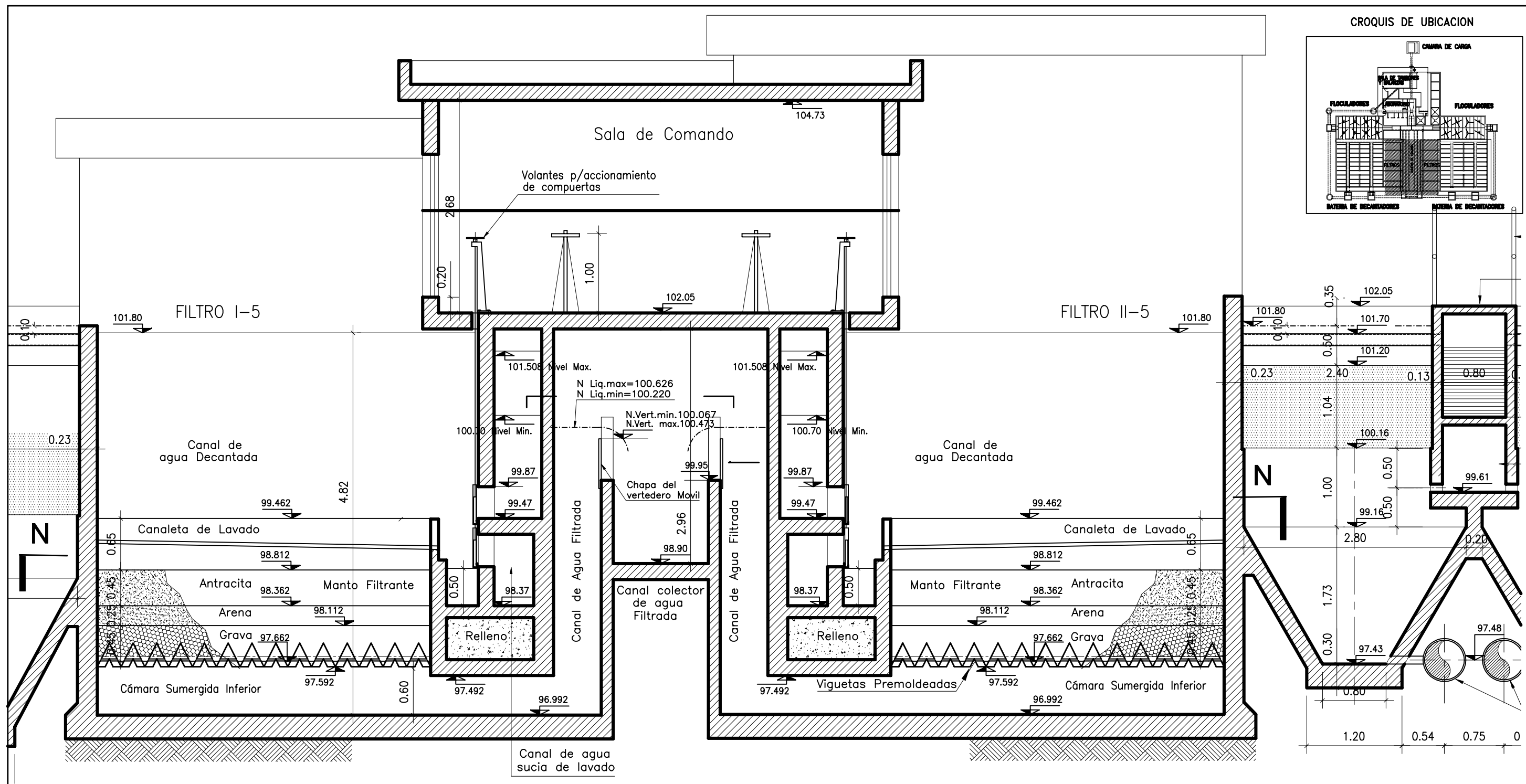


TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s PLACAS SEDIMENTADORES - DETALLES	Proy.	N° 8P-FR014	
	Dibujo	Fecha	HOJA
	Ing.Prov.	Escala 1:10/2	1 de 26



PLANTA N-N
ESCALA 1:75

NOTAS:				 HYTSA <i>hytsa estudios y proyectos s.a.</i>  INGENIERIA SRL	PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO			
REF.					TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s FILTROS – SALA DE COMANDOS PLANTA N-N	Proy.	N° 8P-FR016	
						Dibujo	Fecha	HOJA
	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO			Ing.Proy.	Escala	18.de.28

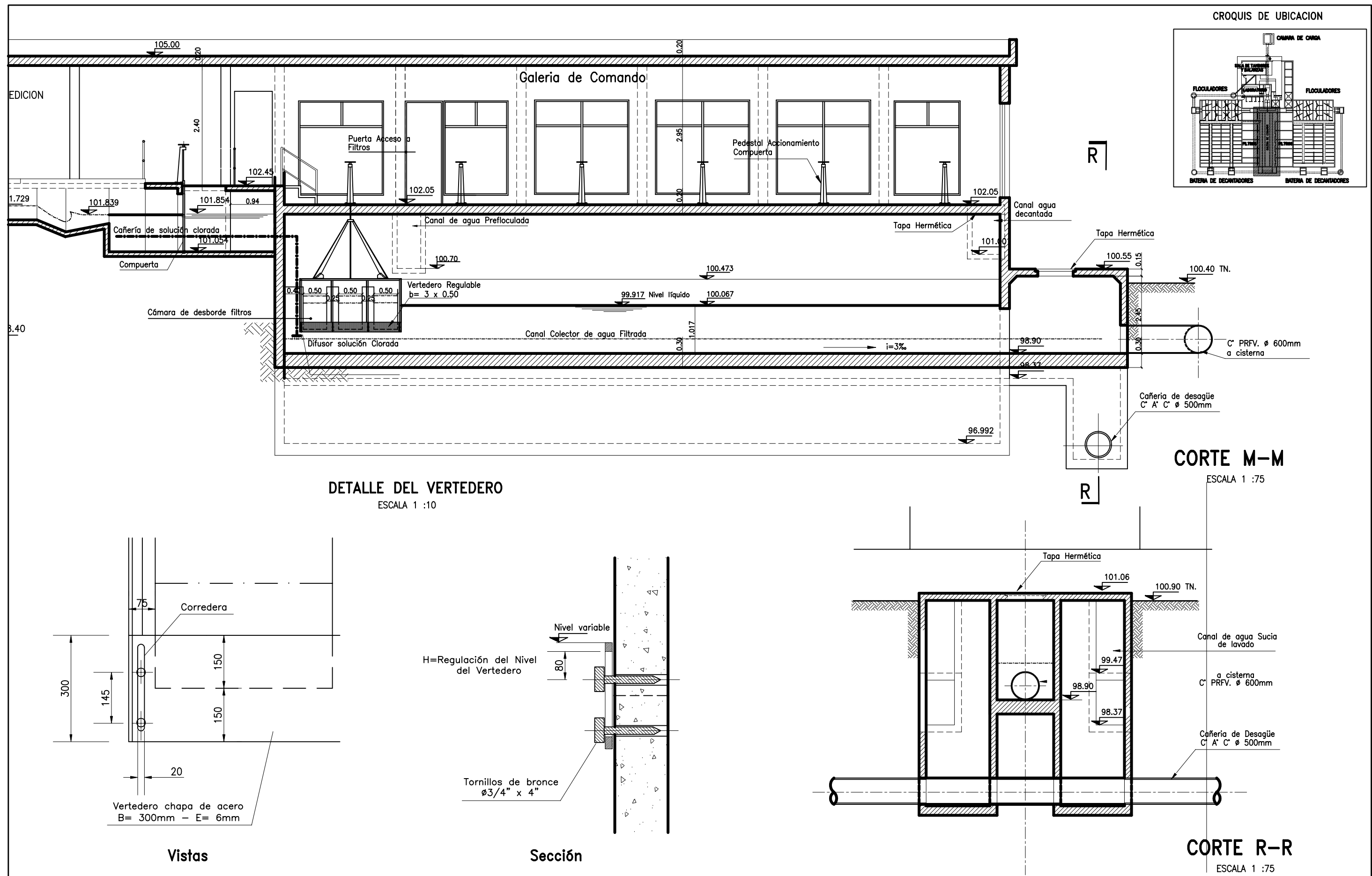




NOTAS:

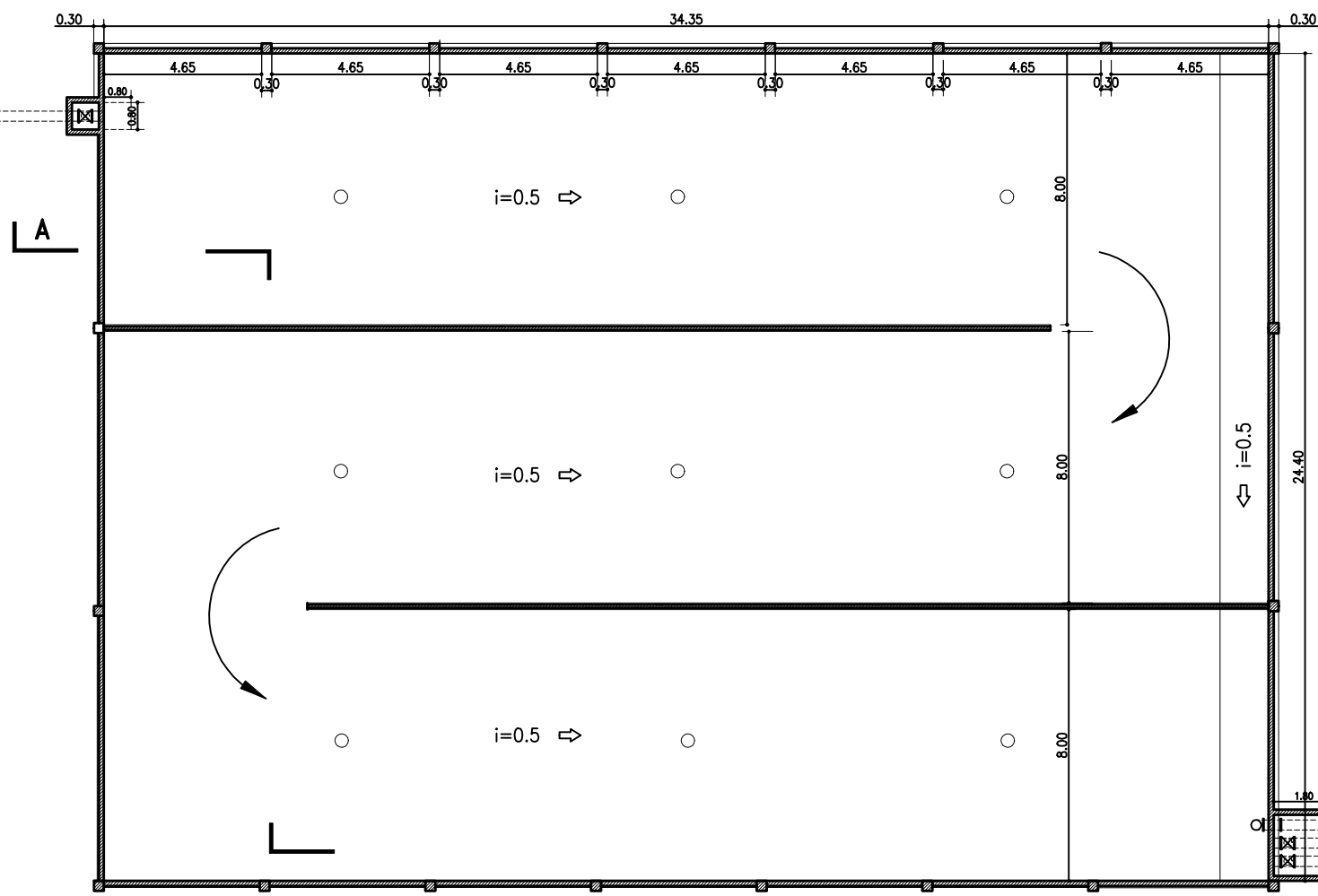
REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO



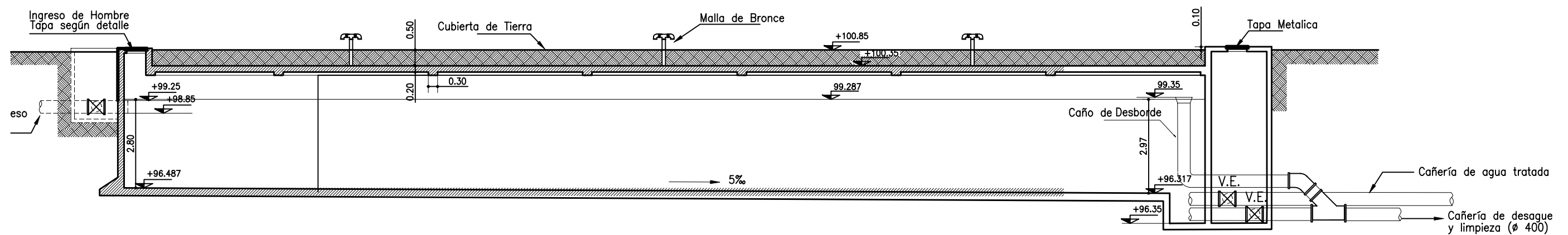
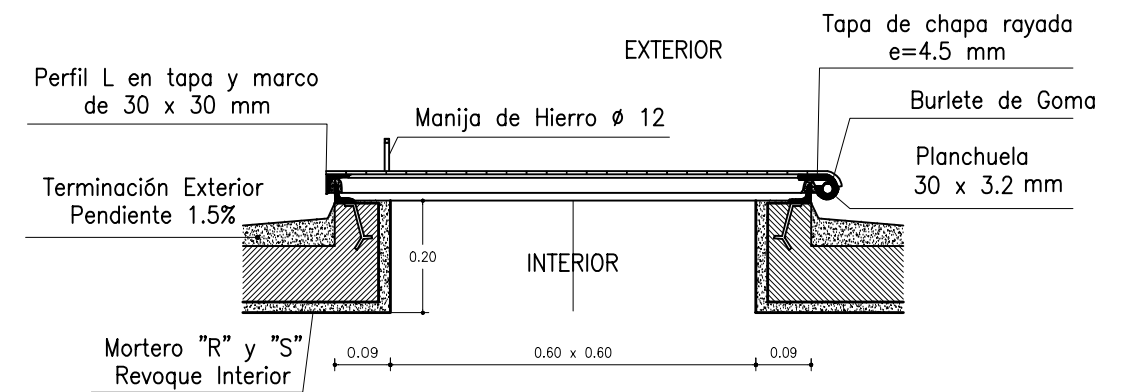
<p>PODER EJECUTIVO NACIONAL</p> <p>SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE</p> <p>ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO</p>			Proy.	N° 8P-FR017
<p>TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA</p> <p>CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s</p> <p>FILTROS - SALA DE COMANDOS-CORTE</p>			Dibujo	Fecha
			Ing.Proy.	Escala 1:50
				HOJA
				17.de.28





NOTAS:				 HYTSA hytsa estudios y proyectos s.a.  INGENIERIA SRL	PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO			
REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO		TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s FILTROS - CANALES CORTES	Proy. Dibujo Ing.Proy.	N° Fecha Escala	8P-FR018 HOJA 18.de.28



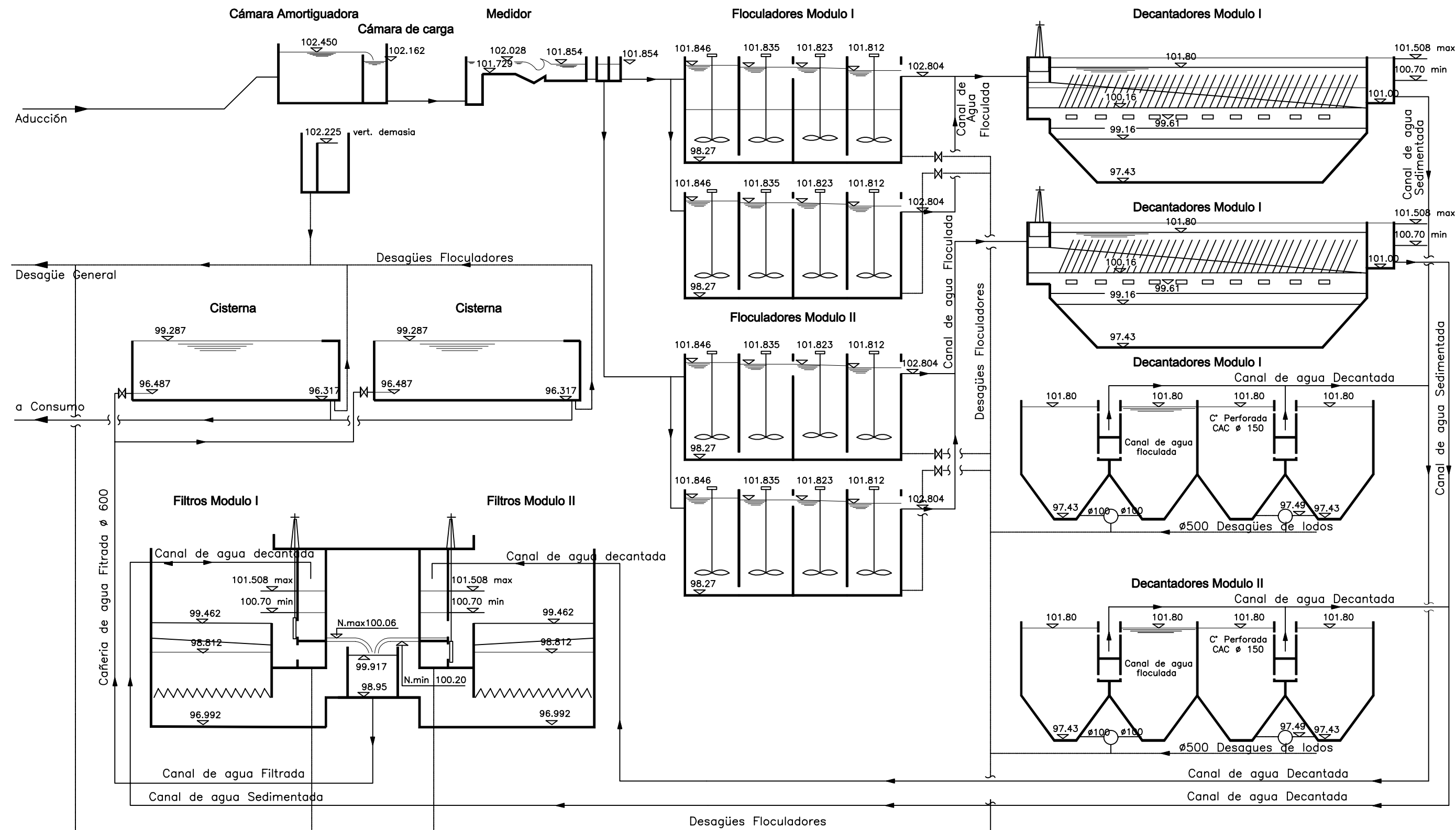
PLANTA NIVEL 99.50



CORTE A-A

NOTAS:				 HYTSA <i>hytsa estudios y proyectos s.a.</i>  INGENIERIA SRL	PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO				
REF.					TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO 300 l/s CISTERNA - PLANTA Y CORTE		Proy.	N° 8P-FR019	
							Dibujo	Fecha	HOJA
	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO				Ing.Proy.	Escala 1:100	19.de.25

Perfil Hidráulico: Q₀=Q_T=330 L/S



NOTAS:



PODER EJECUTIVO NACIONAL
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE
ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO

TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
CAUDAL DE DISEÑO = 330 l/s
PERFIL HIDRAULICO TIPICO

Proy.	N°	8P-FR020
Dibujo	Fecha	HOJA
Ing.Proy.	Escala	20 de 25

REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO

NOMENCLATURA

- I

COMANDO MANUAL LOCAL
- Q

INTERRUPTOR

I>

⏏

I>

MAGNETICO, CALIBRE In DEL MOTOR O CONSUMO NOMINAL

MAGNETOTERMICO, CALIBRE In DEL MOTOR O CONSUMO NOMINAL
- KM

CONTACTOR, CALIBRE In DEL MOTOR, CATEGORIA DE EMPLEO AC3
- F

RELE TERMICO, CALIBRE In DEL MOTOR
- Fo

FUSIBLES
- H

LAMPARA DE SEÑALIZACION

M

MARCHA

P

PARADA

D

DEFECTO

A

ALARMA
- R

RESISTENCIA CALEFACTORA
- B

TERMOSTATO
- L

LAMPARA O TUBO DE ILUMINACION INTERIOR
- T

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE, CLASE 1, FS=5, 10VA
- V

VOLTIMETRO, CLASE 1.5
- A

AMPERIMETRO, CLASE 1.5
- CV

CONMUTADORA VOLTIMETRICA 3F Y 3F-N
- CA

CONMUTADORA AMPEROMETRICA 3F
- kWh

MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA, CLASE 1.5, TRES SISTEMAS
- TC

TRANSFORMADOR DE COMANDO
- PLC

CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE
- M

MOTOR
- C

BANCO CAPACITORES

NOTAS:

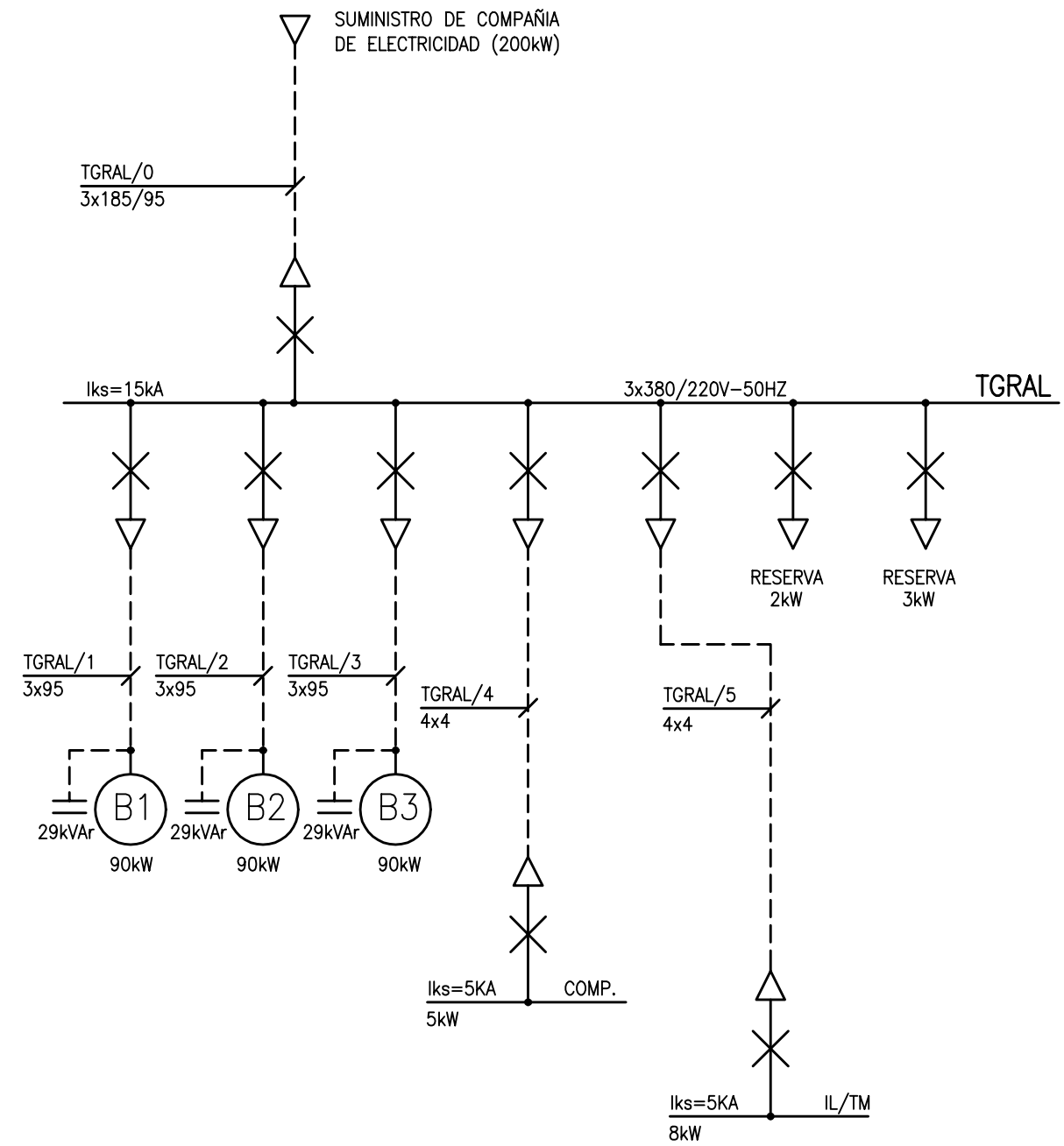


PODER EJECUTIVO NACIONAL
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE
ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO

TITULO:	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA		Proy.	N° 8P-FR021	
	CAUDAL DE DISEÑO = 330 L/S		Dibujo	Fecha	HOJA
	INSTALACION ELECTRICA		Ing.Proy.	Escala	

REF.			
	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO

INSTALACION ELECTRICA
ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO



NOTAS:

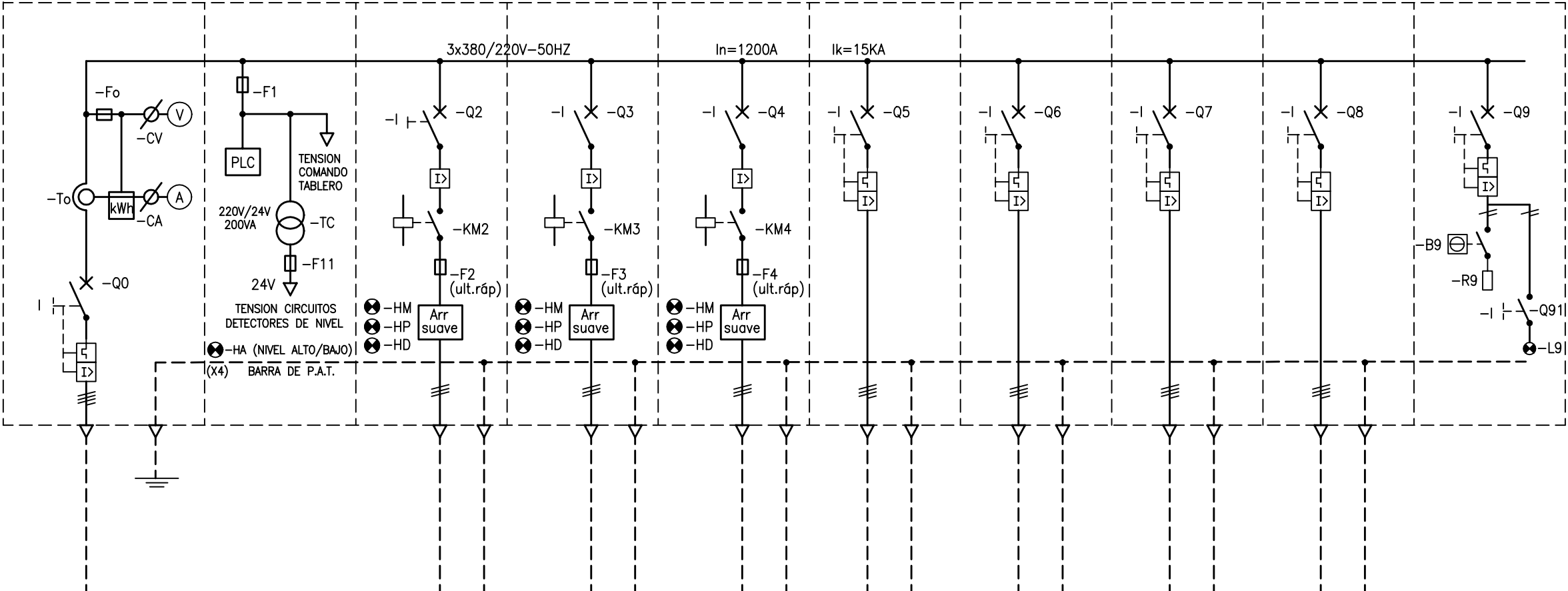
REF.			
	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO



PODER EJECUTIVO NACIONAL SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO			
TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 L/S INSTALACION ELECTRICA		Proy.	N° 8P-FR022
		Dibujo	Fecha
		Ing.Proy.	Escala
		22.de.26	

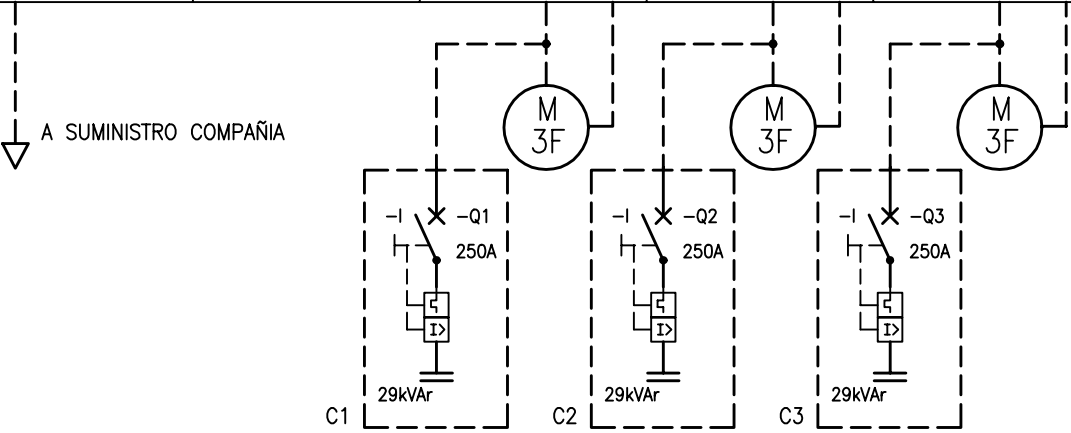
TABLERO GENERAL

CIRCUITO DE POTENCIA, PROTECCION Y CONTROL



SECTOR	ENTRADA GENERAL	AUTOMATISMO BOMBAS	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	SALIDA A TABLERO COMP	SALIDA A TABLERO IL/TM	SALIDA A RESERVA	SALIDA A RESERVA	CALEFACCION E ILUMINACION
POTENCIA (kW)	200 TOTAL SIMULTANEA	-	90 SERVICIO SEVERO	90 SERVICIO SEVERO	90 SERVICIO SEVERO	5	8	2	3	0.5
In EQUIPAMIENTO (A)	1000 (*)	-	250 (*)	250 (*)	250 (*)	100 (*)	100 (*)	100 (*)	100 (*)	100 (*)

(*) CALIBRE SEGUN In MOTOR O CONSUMO NOMINAL



- CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS:
- TABLERO DE USO INTERIOR
 - APTO PARA MONTAJE SOBRE BASE
 - GRADO DE PROTECCION (S/IRAM 2244):IP41

NOTAS:



PODER EJECUTIVO NACIONAL
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE
ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO

TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
CAUDAL DE DISEÑO = 330 L/S
INSTALACION ELECTRICA

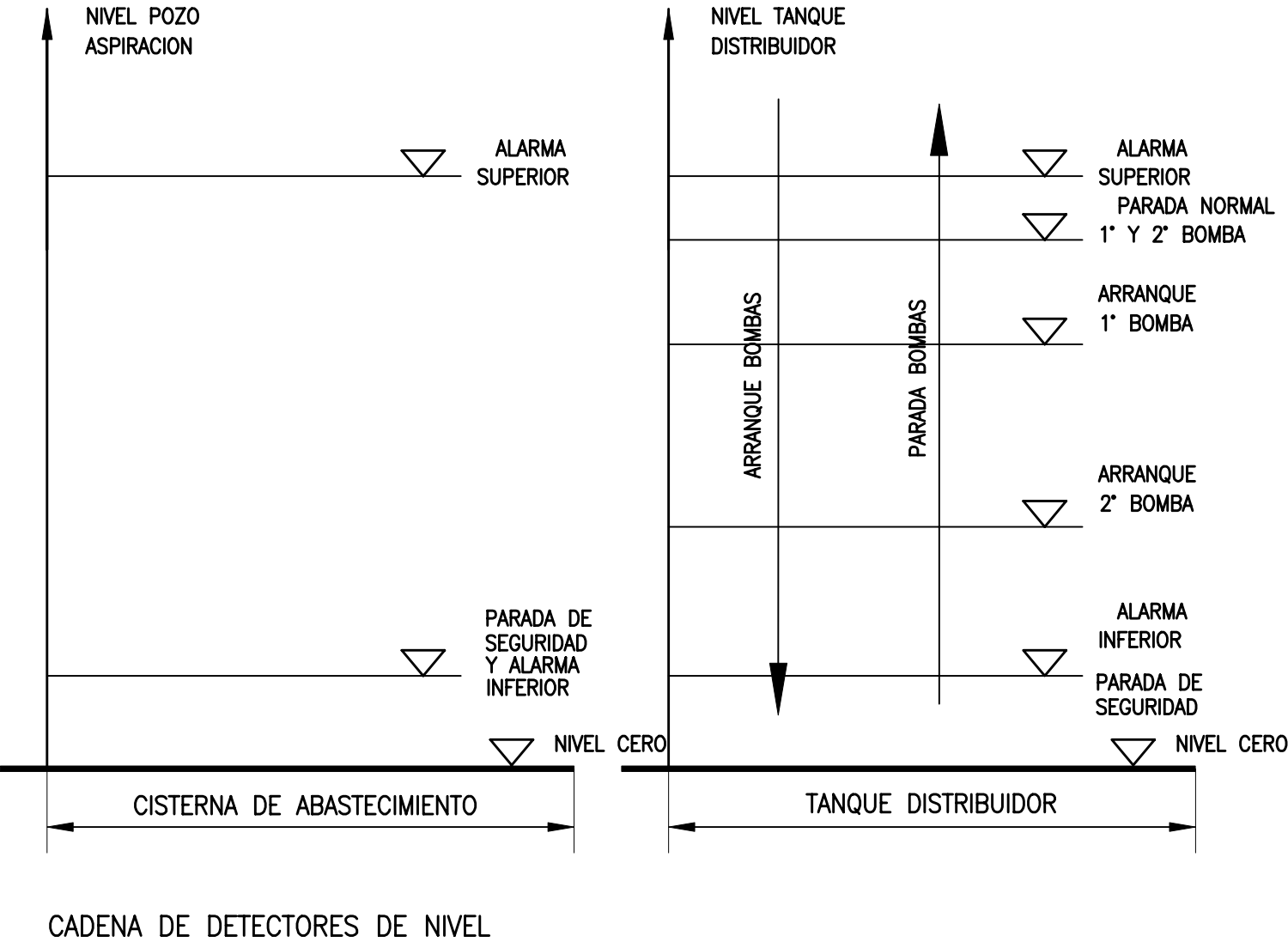
Proy.	N° 8P-FR023
Dibujo	Fecha
Ing.Proy.	Escala

HQJA

23.de.26

REF.	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO

AUTOMATISMO BOMBAS POR NIVEL Y PLC



LOGICA DE CONTROL BOMBAS

La lógica de control de las bombas obedecerá a los siguientes principios:

- a- **Comando manual-automático**
El comando de cada bomba se realizará en modo "manual" ó "automático", seleccionable desde el frente del tablero.
En el caso de estar una bomba en "manual", quedará fuera de la secuencia de automatismo, como bomba no disponible. En este caso solo podría comandarse desde el frente del tablero.
- b- **Bomba de reserva**
En condiciones de disponibilidad total, una de las bombas quedará en condición de reserva.
- c- **Parada de seguridad**
Existirá una parada de seguridad de las bombas por nivel de agua no seguro en el pozo de aspiración de la cisterna de abastecimiento.
- d- **Comando automático**
El tanque distribuidor contará con una cadena de detectores de nivel que definirá la secuencia de órdenes de arranque y parada de las bombas.
- e- **Programa automático de arranque y parada de las bombas**
El programa de arranque y parada de las bombas, a través del PLC, deberá cumplir con las siguientes rutinas:
 - e1- Arranque y parada de las bombas disponibles, de acuerdo a la cadena de detectores de nivel, definida en el esquema.
 - e2 - El máximo número de bombas demandadas será de dos
 - e3 - Rotación del orden de la secuencia de arranque de las bombas, permutando la bomba destinada la primer arranque por la de reserva y así sucesivamente.
 - e4 - Detección de la indisponibilidad de alguna bomba, por estar en modo "manual"o por accionamiento de la protección de sobrecarga (condición de "defecto"), y reprogramación automática del orden de secuencia de arranque, atendiéndose los primeros niveles de demanda que puedan ser cubiertos (apelando a la bomba en reserva).
 - e5 - Al volver las bombas a disponibilidad, restablecimiento automático del orden de la secuencia de arranque normal.
 - e6 - Temporización (ajustable) del arranque de las bombas cuando se produzca una orden de arranque simultáneo.

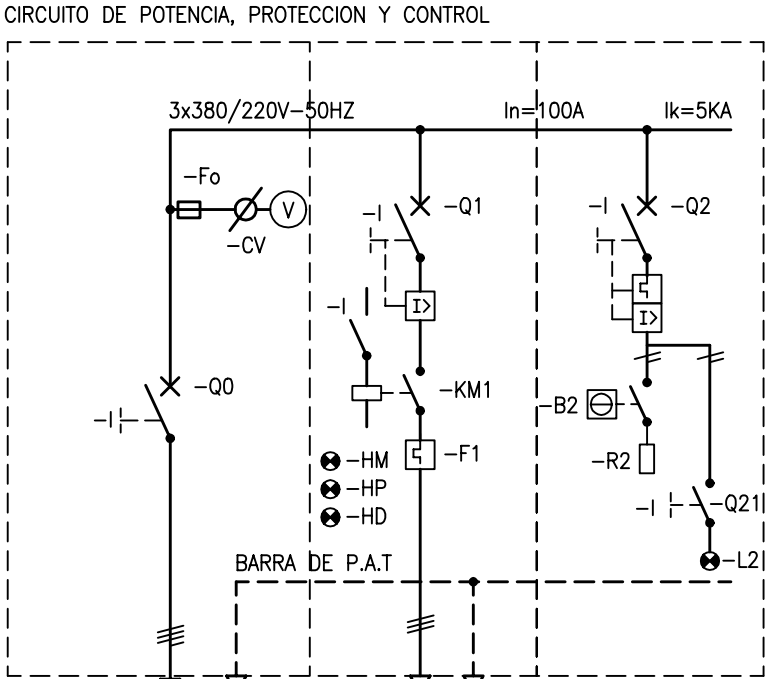
NOTAS:



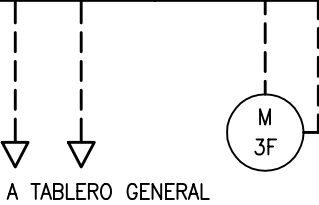
PODER EJECUTIVO NACIONAL
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE
ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO

REF.				TITULO	TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 L/S INSTALACION ELECTRICA	Proy.	N° 8P-FR024		
							Dibujo	Fecha	HOJA
	DOCUMENTO N°	TOMO N°					Ing.Proy.	Escala	24.de.26

TABLERO COMPRESOR DE AIRE

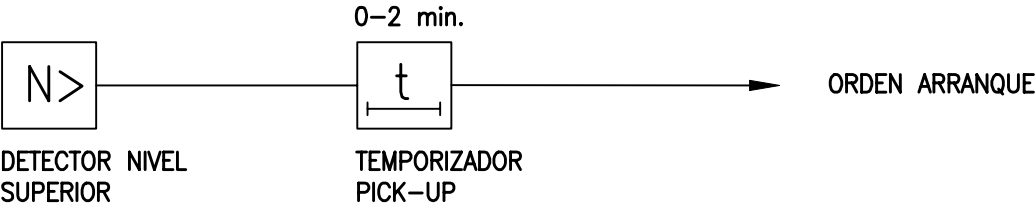
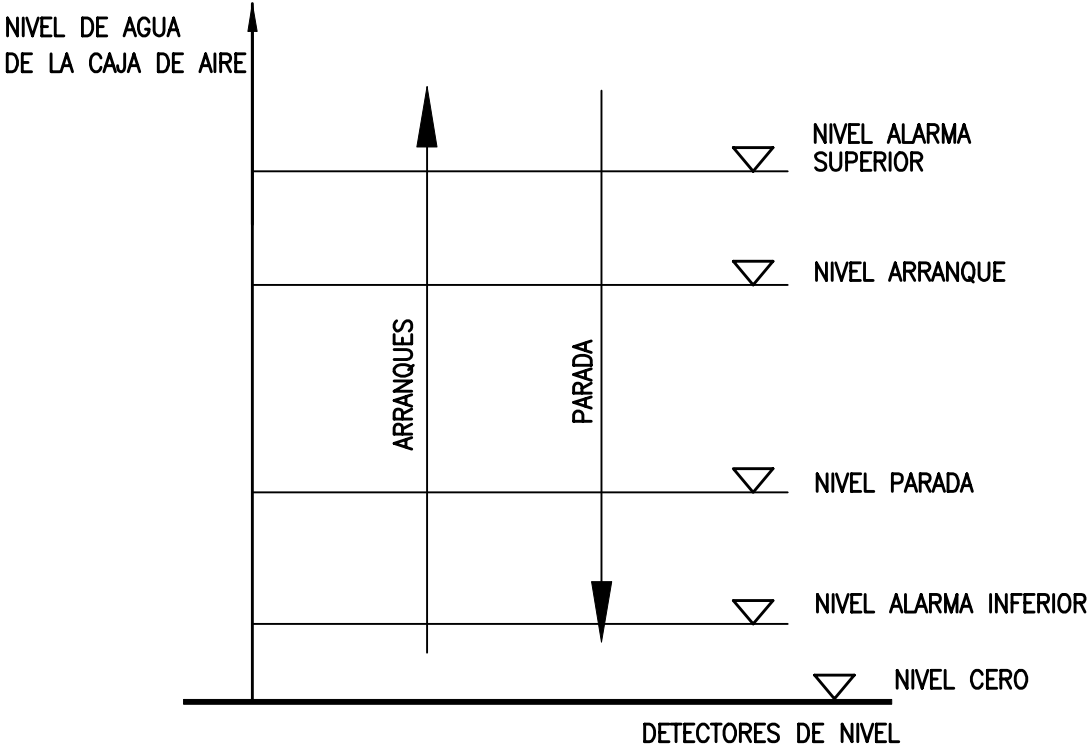


SECTOR	ENTRADA GENERAL	COMPRESOR AIRE	CALEFACCION E ILUMINACION
POTENCIA (KW)	4.5 TOTAL SIMULTANEA	4	0.5
In EQUIPAMIENTO (A)	100	63 (*)	63



- CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS:
- TABLERO DE USO INTERIOR
 - APTO PARA AMURAR EN PARED
 - GRADO DE PROTECCION (S/IRAM 2244):IP41

AUTOMATISMO COMPRESOR POR NIVEL



LOGICA DE ARRANQUE



LOGICA DE PARADA

(*) CALIBRE SEGUN In MOTOR O CONSUMO NOMINAL

NOTAS:

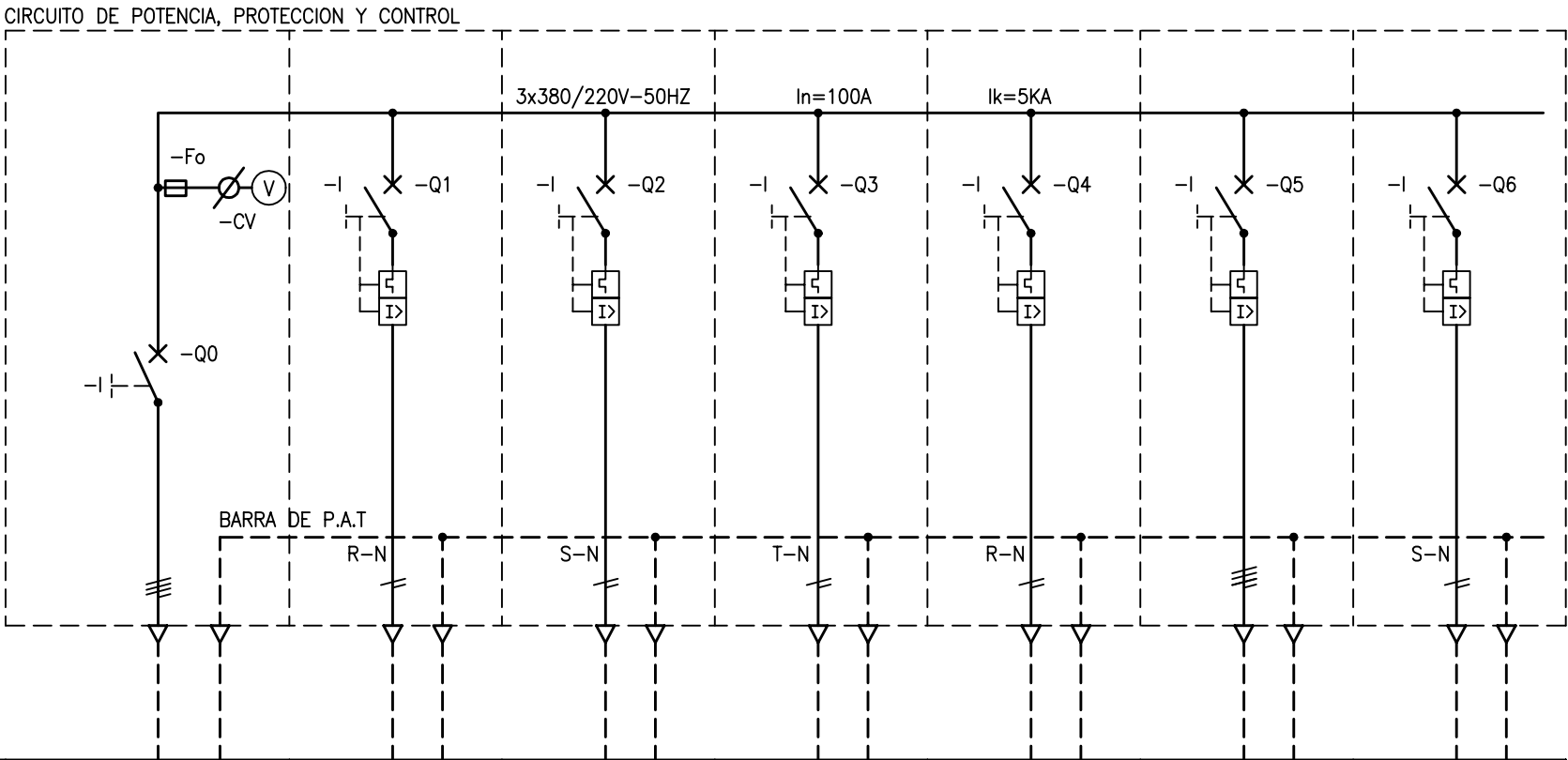


PODER EJECUTIVO NACIONAL
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE
ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO

REF.			
	DOCUMENTO N°	TOMO N°	TITULO

TITULO:	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CAUDAL DE DISEÑO = 330 L/S INSTALACION ELECTRICA	Proy.	N° 8P-FR025
		Dibujo	Fecha
		Ing.Proy.	Escala

TABLERO IL/TM



SECTOR	ENTRADA GENERAL	ILUM. INTERIOR CIRCUITO 1	ILUM. INTERIOR CIRCUITO 2	ILUM. INTERIOR CIRCUITO 3	TOMAS	TOMAS FM Y PUENTE GRUA	ILUM. EXTERIOR
POTENCIA (KW)	8 TOTAL SIMULTANEA	1	1	1	4	4	2
In EQUIPAMIENTO (A)	100	32 (*)	32 (*)	32 (*)	32 (*)	32 (*)	32 (*)

(NOTA 1)

AREA INSTALACION	---	SALA BOMBAS GENERAL	SALA BOMBAS GENERAL	SALA BOMBAS BAJO ENTREPISO METALICO	SALA BOMBAS	SALA BOMBAS	PERIMETRO EDIFICIO
---------------------	-----	------------------------	------------------------	--	-------------	-------------	--------------------

- CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS:
- TABLERO DE USO INTERIOR
 - APTO PARA AMURAR EN PARED
 - GRADO DE PROTECCION (S/IRAM 2244):IP41

(*) CALIBRE SEGUN CONSUMO NORMAL

NOTA 1: EL CIRCUITO DE ILUMINACION EXTERIOR CONTARA CON CELDA FOTOELECTRICA PARA ENCENDIDO/APAGADO AUTOMATICO

NOTAS:



PODER EJECUTIVO NACIONAL
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE
ENTE NACIONAL DE OBRAS HIDRICAS DE SANEAMIENTO

TITULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
CAUDAL DE DISEÑO = 330 L/S
INSTALACION ELECTRICA

Proy.	N° 8P-FR026	HOJA
Dibujo	Fecha	
Ing.Proy.	Escala	