



Universidad de la República Facultad
de Ingeniería



Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería
Ambiental

PROYECTO FIN DE CARRERA

PLANTA POTABILIZADORA

Treinta y Tres

Autores:

Corina DÍAZ - C.I.: 4.886.319-7
Paula PERDOMO - C.I.: 4.681.002-9
Fernanda GÓMEZ - C.I.: 4.817.138-6

Tutores:

Danilo RÍOS
Julieta LÓPEZ

15 de mayo de 2021

Índice

1. Introducción	8
1.1. Objetivo	8
1.2. Antecedentes	8
1.3. Marco Legal	8
2. Estudios básicos	10
2.1. Análisis de la demanda	11
2.1.1. Análisis de la demanda actual	11
2.1.2. Análisis de la demanda al 2050	14
2.2. Análisis del agua bruta	16
2.2.1. Descripción de la cuenca	16
2.2.2. Curvas de inundación	20
2.2.3. Parámetros de calidad del agua bruta	21
2.2.4. Análisis de resultados	29
2.3. Análisis del agua tratada	30
2.4. Diagnóstico de la planta actual	34
2.5. Resumen	58
3. Verificación y anteproyecto de las adecuaciones para el 2050	60
3.1. Evaluación de las posibles tecnologías a emplear	60
3.1.1. Problemáticas a resolver	60
3.1.2. Tecnologías especializadas	60
3.1.3. Estudio de alternativas	69
3.1.4. Selección de alternativa	73
3.2. Adecuación de la planta existente	74
3.2.1. Tanque de contacto de carbón activado en polvo	74
3.2.2. Mezcla rápida	74
3.2.3. Floculación	75
3.2.4. Sedimentación	76
3.2.5. Filtros mixtos	78
3.2.6. Filtros de carbón activado granular	80
3.2.7. Desinfección	81
3.2.8. Productos químicos	82
3.2.9. Estaciones de bombeo de baja y alta	86
3.2.10. Planta de tratamiento de lodos	89
3.3. Costos	91
3.4. Resumen	91
4. Memoria de cálculo	93
4.1. Cálculo del caudal de diseño	93
4.2. Tanque de contacto de CAP	95
4.3. Coagulación	96
4.4. Floculación Mecánica	98
4.5. Floculación Hidráulica	101
4.5.1. Sistemas de entrada y salida	103
4.6. Sedimentación	104
4.6.1. Zona de sedimentación	104
4.6.2. Zona de entrada	106

4.6.3.	Zona de salida	111
4.6.4.	Zona de lodos	111
4.7.	Filtros mixtos	113
4.7.1.	Verificación de las unidades durante la filtración	113
4.7.2.	Verificación de las unidades durante el lavado	118
4.7.3.	Niveles de operación	123
4.8.	Filtros de Carbón activado granular	123
4.8.1.	Verificación durante la filtración	123
4.8.2.	Verificación durante el lavado	129
4.8.3.	Expansión del manto filtrante	132
4.9.	Desinfección	132
4.9.1.	Niveles de operación	132
4.9.2.	T10	135
4.9.3.	Inactivación de virus	136
4.9.4.	Inactivación de GiardiaCysts	136
4.10.	Planta de tratamiento de lodos	137
4.10.1.	Generación de lodos	137
4.10.2.	Unidades de tratamiento	140
4.10.3.	Tuberías de conducción	142
4.11.	Estaciones de bombeo	144
4.11.1.	Estación de bombeo de baja	144
4.11.2.	Estación de bombeo de alta	148
4.12.	Productos químicos	149
4.12.1.	Sulfato de aluminio	150
4.12.2.	Ácido sulfúrico	151
4.12.3.	Polímero de proceso	151
4.12.4.	Ceniza de soda	151
4.12.5.	Carbón activado en polvo	152
4.12.6.	Cloro	152
4.12.7.	Polímero de lodo	153
5.	Manual de operaciones	155
5.1.	Puesta en funcionamiento	155
5.2.	En funcionamiento	156
5.2.1.	Determinación de parámetros:	156
5.2.2.	Controles de funcionamiento, tareas diarias y mantenimiento de unidades:	160
5.2.3.	Apagado	162
5.3.	Consideraciones para cada unidad:	162
5.4.	Productos químicos:	166
5.4.1.	Manejo de productos químicos	166
5.4.2.	Instalaciones requeridas	167
6.	Anexos	169
	Referencias	170

Índice de figuras

2.1. Ubicación de la Planta	10
2.2. Datos censales de población de la ciudad de Treinta y Tres	11
2.3. Datos censales de población de la ciudad de Treinta y Tres (últimos tres censos)	12
2.4. Datos censales de población de Treinta y Tres (últimos tres censos)	14
2.5. Ubicación ciudad de Treinta y Tres y cuenca de estudio	16
2.6. Cuenca de estudio	17
2.7. Regiones agropecuarias del año 1990	17
2.8. Regiones agropecuarias del año 2000	18
2.9. Regiones agropecuarias del año 2011	19
2.10. Uso de suelo en la cuenca (Fuente: visualizador de DINAMA)	20
2.11. Cota de inundación - Ciudad de Treinta y Tres	21
2.12. Evolución temporal de pH - Datos de OSE	22
2.13. Evolución temporal de Alcalinidad - Datos de OSE	23
2.14. Evolución temporal de Turbiedad - Datos de OSE	24
2.15. Evolución temporal de Temperatura - Datos de OSE	24
2.16. Evolución temporal del color	25
2.17. Evolución temporal de fósforo	26
2.18. Evolución temporal de nitrógeno total	27
2.19. Evolución temporal de turbiedad	30
2.20. Evolución temporal de alcalinidad	30
2.21. Evolución temporal de pH	31
2.22. Evolución temporal de cloro libre	31
2.23. Diagrama de flujo	35
2.24. Obra de toma	36
2.25. Río Olimar Grande aguas abajo de la planta	37
2.26. Cámara de acceso para la aplicación de carbón activado (En desuso)	37
2.27. Resalto hidráulico en vertedero rectangular	38
2.28. Puntos de inyección de coagulante en tubería de agua bruta	39
2.29. Floculador mecánico	40
2.30. Espuma en superficie de floculador mecánico	40
2.31. Floculador hidráulico	42
2.32. Floculador hidráulico	42
2.33. Unidad de sedimentación	44
2.34. Unidades de filtración	45
2.35. Batería de filtros	45
2.36. Unidades de filtro de carbón activado	46
2.37. Unidades de filtro de carbón activado	47
2.38. Depósito de agua tratada y tanque de contacto de cloro	48
2.39. Bomba elevadora	49
2.40. Tanque de espesado	50
2.41. Interior de tanque ecualizador	50
2.42. Interior tanque de espesado	50
2.43. Filtro de bandas	51
2.44. A la derecha - Filtro de bandas	51
2.45. Descarga de lodos	52
2.46. Explanada para geotubos.	52
2.47. Tanques de sulfato de aluminio	53

2.48. Aplicación de polielectrolito	54
2.49. Cilindros de cloro gas	55
2.50. Acopio de ceniza de soda	56
2.51. Bolsa de ceniza de soda	56
2.52. Bombas dosificadoras	57
2.53. Bombas dosificadoras de polímero de lodo	57
3.1. Configuración alternativa 1	70
3.2. Configuración Alternativa 2	71
3.3. Configuración Alternativa 3	71
3.4. Configuración Seleccionada	73
3.5. Esquema representativo de cada sedimentador	76
3.6. Curvas bomba existente	87
3.7. Curvas bomba nueva	88
4.1. Datos censales de población de Treinta y Tres (últimos tres censos)	93
4.2. Esquema Vertedero rectangular.	96
4.3. Detalle del agitador.	99
4.4. Relación b/a	100
4.5. Pérdida de carga boquillas.	116
4.6. Esquema - Filtros CAG	125
4.7. Pérdida de carga boquillas.	128
4.8. Pérdida de carga en manto de carbón activado en función de la tasa de lavado	129
4.9. Gráficos de curva de instalación y equipo de bombeo de conducción a filtros GAC.	132
4.10. Expansión en manto de carbón activado en función de la tasa de lavado.	132
4.11. Sumergencia mínima	134
4.12. Tanque de constacto existente / tanque de contacto modificado	135
4.13. Kv en relación al % de apertura.	138
4.14. Conexiones hacia tanque pulmón	143
4.15. Curva de instalación y curva característica de la bomba proveedora	147
4.16. Curva de instalación y curva característica de la bomba proveedora	147

Índice de tablas

2.1. Datos censales de población de la ciudad de Treinta y Tres (Fuente: INE)	11
2.2. Agua disponible - Año 2019	12
2.3. Valores de producción diaria. Período octubre 2018 - Setiembre 2019	13
2.4. Datos agua bruta y agua disponible	13
2.5. Resumen de parámetros año 2019	14
2.6. Población total según censos	14
2.7. Resumen y caudal de diseño	15
2.8. Usos del suelo actuales en la cuenca	19
2.9. Potencial de hidrógeno - pH	23
2.10. Alcalinidad (mg/l)	23
2.11. Turbiedad en NTU	24
2.12. Temperatura en °C	24
2.13. Color (U.Pt-Co)	25
2.14. Fósforo (mg/l)	26
2.15. Nitrógeno (mg/l)	27
2.16. Parámetros hidrobiológicos (s/n: sin datos). Donde, fito: fitoplancton, zoo: zoo- plancton y ciano: cianobacterias	28

2.17. Resultados de media, máximos y mínimos.	28
2.18. Resultados de análisis realizados por OSE para metales pesados (*valores que superan el Decreto)	29
2.19. Resumen calidad de agua tratada (agosto 2019 - setiembre 2020)	31
2.20. Olor, color verdadero, coliformes totales y Escherichia Coli para el período Enero 2019 - Junio 2020	33
2.21. Parámetros operativos en el vertedero rectangular para caudal actual	38
2.22. Parámetros operativos en tubería para el caudal actual de 380 m ³ /h	39
2.23. Dimensiones y tiempo de retención de floculador mecánico	39
2.24. Dimensiones de las paletas y gradiente hidráulico de una celda	39
2.25. Dimensiones de la unidad y tiempo de retención hidráulico	41
2.26. Dimensiones de las chicanas y gradiente hidráulico	41
2.27. Parámetros de cada sedimentador	43
2.28. Dimensiones de las placas	43
2.29. Geometría de cada unidad de filtración	44
2.30. Dimensiones de la unidad CAG	46
2.31. Parámetros característicos depósitos de desinfección	47
3.1. Fuente: EPA 815-R-99-012, Mayo 1999	63
3.2. Valores de pH de referencia (Fuente: EPA 815-R-99-012, May 1999)	63
3.3. Ventajas y desventajas de cada tecnología - Parte 1	68
3.4. Ventajas y desventajas de cada tecnología - Parte 2	69
3.5. Mezcla rápida	75
3.6. Floculación	75
3.7. Verificación zona de entrada	77
3.8. Verificación de zona de sedimentación	77
3.9. Verificación de la filtración	78
3.10. Filtros CAG	80
4.1. Datos censales de población de la ciudad de Treinta y Tres (Fuente: INE).	93
4.2. Parámetros de diseño complementarios.	94
4.3. Dimensiones del tanque.	95
4.4. Parámetros para el cálculo del tiempo de vaciado	96
4.5. Dimensiones del vertedero.	98
4.6. Longitud de aplicación del coagulante de acuerdo a Di Bernardo.	98
4.7. Resultados de parámetros de funcionamiento.	98
4.8. Datos conocidos	100
4.9. Resultados obtenidos	101
4.10. Parámetros para el cálculo del tiempo de vaciado	101
4.11. Datos conocidos, Etapa 1, 2 y 3	102
4.12. Resultados Gradiente	102
4.13. Parámetros para el cálculo del tiempo de vaciado	103
4.14. Resultados - Cámaras de entrada y salida.	104
4.15. Datos conocidos - Zona de sedimentación	105
4.16. Resultados - Zona de sedimentación	105
4.17. Constantes ϕ y θ	107
4.18. Geometría del ducto	108
4.19. Datos - Zona de entrada	109
4.20. Resultados iteración zona de entrada	110
4.21. Resultados - Zona de lodos	113
4.22. Resultados - Verificación de la unidad	114

4.23. Características - Arena	114
4.24. Características - Antracita	114
4.25. Pérdida de carga en compuerta de entrada	115
4.26. Pérdidas de carga en mantos filtrante	115
4.27. Pérdidas de carga en boquillas	116
4.28. Valores de K	117
4.29. Pérdidas de carga en tubería de salida	117
4.30. Altura de agua sobre vertedero	117
4.31. Pérdidas de carga durante la filtración	118
4.32. Método de Cleasby Arena para determinación de velocidad de lavado	119
4.33. Método de Cleasby Antracita para determinación de velocidad de lavado	119
4.34. Caudal y velocidad de lavado	119
4.35. Expansión para arena y antracita	119
4.36. Recolección de agua de lavado	120
4.37. Pérdidas de carga en tubería ingreso	120
4.38. Pérdidas de carga en manto filtrante expandido	121
4.39. Pérdidas de carga en falso fondo	121
4.40. Altura de agua sobre canaleta de salida	121
4.41. Carga sobre vertedero de salida de agua filtrada	122
4.42. Pérdidas de carga durante el lavado	122
4.43. Resultados - Vertedero de salida	122
4.44. Resultados - Niveles de operación	123
4.45. Resultados - Verificación de la unidad	124
4.46. Resultados para nueva condición	124
4.47. Valores de K	124
4.48. Pérdidas de carga tubería de ingreso al sistema en serie	125
4.49. Pérdidas de carga en tubería de ingreso a cada filtro	125
4.50. Resultados - Tubería principal	126
4.51. Resultados - Tubería secundaria	126
4.52. Características - CAG	127
4.53. Pérdida de carga en manto filtrante	127
4.54. Pérdidas de carga en falso fondo	127
4.55. Tubería de conducción a depósito de agua filtrada	128
4.56. Resultados - Pérdida de carga en filtración	128
4.57. Tubería de conducción al ingreso	129
4.58. Pérdidas de carga en falso fondo durante lavado	130
4.59. Resultados - Tubería principal	130
4.60. Resultados - tubería secundaria	131
4.61. Pérdidas de carga en tubería de salida	131
4.62. Resultados - Pérdida de carga durante el lavado	131
4.63. Valores tubería de conducción.	133
4.64. Valores tubería de entrada.	133
4.65. Valores tuberías de salida.	134
4.66. Verificación T10 tanque actual	135
4.67. Verificación T10 nueva configuración	135
4.68. Inactivación de virus.	136
4.69. Inactivación de GiardiaCysts.	137
4.70. Resultados pérdidas de carga	139
4.71. Resultados de volumen de agua y masa de lodos del lavado de los filtros	140

4.72. Parámetros de ingreso	140
4.73. Dimensiones del tanque pulmón	140
4.74. Resultados parámetros de espesador.	141
4.75. Dimensiones de la canaleta de recolección.	141
4.76. Parámetros de la deshidratación	142
4.77. Tuberías a presión que conducen los lodos del sedimentador a la cámara 1.	143
4.78. Verificación tuberías a gravedad.	143
4.79. Pérdidas localizadas tramo 1	144
4.80. Pérdidas distribuidas tramo 1	145
4.81. Pérdidas distribuidas tramo 2	145
4.82. Pérdidas localizadas tramo 3	145
4.83. Pérdidas distribuida tramo 3	145
4.84. Pérdidas localizadas tramo 4	146
4.85. Pérdidas distribuida tramo 4	146
4.86. Pérdidas de carga geométrica	148
4.87. Pérdidas de carga distribuida, localizadas y total	149
4.88. Resultados - Sulfato de aluminio	150
4.89. Resultados obtenidos - Ácido sulfúrico	151
4.90. Resultados obtenidos - Polímero de proceso	151
4.91. Resultados obtenidos - Ceniza de soda	152
4.92. Resultados obtenidos - Carbón activado en polvo	152
4.93. Resultados obtenidos - Cloro	153
4.94. Resultados obtenidos - Espesador	154
4.95. Resultados obtenidos - Deshidratación	154
5.1. Parámetros a determinar diariamente	156

1. Introducción

1.1. Objetivo

El presente documento corresponde a la tesis de grado establecida como requisito para la obtención del título de grado de la carrera de Ingeniero Civil perfil H/A, dictada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.

El objetivo de este trabajo, es realizar una evaluación y un diagnóstico de la planta potabilizadora existente en la ciudad de Treinta y Tres, así como las adecuaciones necesarias para que la misma pueda abastecer a la ciudad en un horizonte de consumo establecido para el año 2050.

1.2. Antecedentes

El Río Olimar es la principal fuente de abastecimiento del ciudad de Treinta y Tres. En mayo de 2007 la planta potabilizadora que abastece la capital debió suspender temporalmente su producción a causa de las inundaciones que afectaron al interior del país. Se registraron niveles nunca alcanzados del río y gran parte de la planta debió cesar su operación porque algunas unidades se encontraban ubicadas a cotas que fueron sobrepasadas.

En ese momento la planta operaba con dos líneas aductoras de agua bruta, una dirigida a una planta convencional (construida en el año 1927 y remodelada en el año 1976) con una capacidad de tratamiento en el entorno de $240 \text{ m}^3/\text{h}$, y otra dirigida hacia una UPA modelo 2000 (unidad potabilizadora autónoma instalada en 1997), con capacidad máxima de $100 \text{ m}^3/\text{h}$, totalizando el sistema conjunto una capacidad de aproximadamente $340 \text{ m}^3/\text{h}$.

En el año 2008, OSE elaboró un anteproyecto financiado por el BIRF (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento) en el marco del proyecto OSE Sustentable y Eficiente, para la construcción de nuevas instalaciones de potabilización reubicadas en un área topográficamente más elevada dentro del predio que ocupa la planta, incorporando además mayor capacidad de producción para atender demandas futuras. El horizonte de proyecto fue el año 2035 y el caudal de diseño se fijó en $450 \text{ m}^3/\text{h}$. Como resultado de este proyecto se diseñó y construyó la nueva planta que fue habilitada en el 2019. Ésta se instaló en el mismo predio que la planta anterior y se dejó inhabilitada la UPA.

En el año 2020 se propone como tema del curso de proyecto de grado, la revisión de la nueva planta construida y su adecuación para llevarla a un horizonte al año 2050.

1.3. Marco Legal

La potabilidad del agua está asociada al cumplimiento de normas que establecen valores máximos permitidos para los distintos parámetros de caracterización, de manera de garantizar la salud de la población durante toda una vida de consumo y no generar rechazo por parte de los consumidores.

En nuestro país, la Administración de las Obras Sanitarias del Estado (OSE) es la encargada de proveer el servicio de agua potable a todo el territorio nacional. La normativa nacional respecto al agua potable parte de La Constitución de la República, en donde se expresa en el artículo 47 que el acceso al agua potable es un derecho humano fundamental.

Por otro lado, el Decreto 315/994¹ adopta de la norma UNIT 833:2008 y establece un conjunto de requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano, cualquiera sea su fuente de captación, tipo de tratamiento, producción y sistema de distribución. Se establecen

¹Modificación al Reglamento Bromatológico Nacional

los valores máximos permitidos (VMP) que representan el nivel máximo en concentración de los parámetro por encima del cual la muestra no cumple con los requisitos de esta Norma. También presenta los valores objetivos correspondientes al valor máximo de concentración de un componente, que se deberá cumplir en un plazo a ser establecido por las autoridades competentes. Los VMP se indican para parámetros microbiológicos, biológicos, físicos, químicos, componentes radioactivos y los valores objetivos para plomo, arsénico y turbiedad (ver Anexo 3).

Se cuenta también con la Norma Interna de Calidad de Agua Potable de OSE que incorpora la frecuencia de muestreo a la norma UNIT mencionada (ver Anexo 4).

Respecto a la calidad de los cursos de agua que se utilizan como fuente para potabilización, la normativa de referencia en nuestro país es el Decreto 253/79 que clasifica los cursos en función de su uso. En especial se clasifica como la clase 1 a los cursos de agua que tienen potencial destino para abastecimiento a poblaciones (ver Anexo 5).

El Decreto no limita parámetros hidrobiológicos, por lo que para obtener valores de referencia se considera el “Proyecto de reglamento de calidad del agua potable” redactado por la URSEA en 2011 (Ver Anexo 6).

2. Estudios básicos

La ciudad de Treinta y Tres se encuentra situada en la zona centro-sur del departamento homónimo, sobre la margen izquierda del río Olimar en su confluencia con el arroyo Yermal Grande, y en el cruce de las rutas nacionales 8, 17, 19 y 98. Prácticamente el 100% de la población se encuentra abastecida de agua potable y entre un 60 y 70% tiene conexión a la red de saneamiento. La ciudad cuenta con un planta para potabilizar el agua y planta de tratamiento para los efluentes domésticos.

La planta de agua potable de la ciudad se ubica al sureste de la misma, y abastece a toda la población capitalina. Dentro de la ciudad, al sur, se encuentra el municipio de Villa Sara que en la actualidad es abastecido por perforaciones, pero que se prevé a futuro incluir en la zona de abastecimiento de la planta.

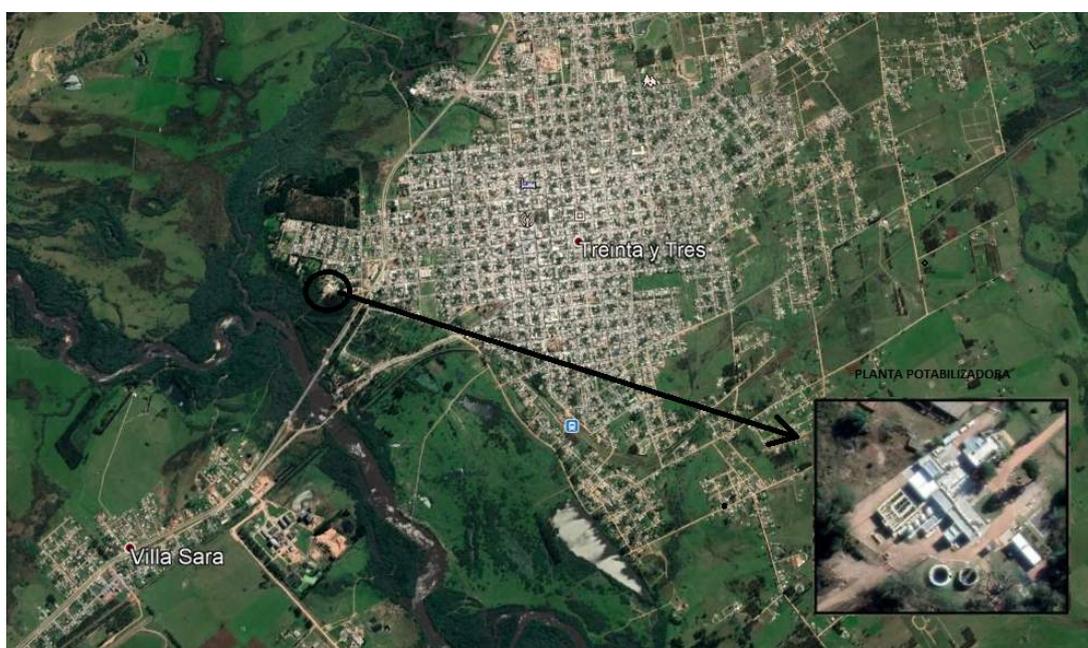


Figura 2.1: Ubicación de la Planta

Las instalaciones de la nueva planta se realizaron en el predio de la antigua potabilizadora, pero a una cota mayor, de manera de tener más seguridad operativa frente a eventos extremos de crecidas del Río Olimar Grande, tales como la inundación de mayo 2007 (cota máxima registrada hasta la fecha). A su vez se incorporó una mayor capacidad de producción para atender demandas futuras de manera de cubrir hasta el horizonte de 2035. Al mismo tiempo se incorporó una nueva aductora de agua bruta que sustituye una de las existentes. Las unidades de tratamiento fueron modificadas, introduciéndose además del proceso de potabilización convencional, etapas de carbón activado. El nuevo depósito de agua filtrada se construyó aprovechando el espacio de los viejos sedimentadores. La infraestructura referente a la obra de toma, el bombeo de alta, línea aductora y tanques de reserva no se le hicieron modificaciones. En el predio se cuenta con una unidad UPA que no se opera desde que se puso en funcionamiento la nueva planta en el 2019.

El anteproyecto de esta planta fue realizado por OSE, SEINCO fue la empresa que hizo el proyecto ejecutivo y el contratista para la ejecución de la obra fue SACEEM.

2.1. Análisis de la demanda

2.1.1. Análisis de la demanda actual

El estudio de la demanda actual sirve de base para evaluar los parámetros vinculados al consumo real, de manera de luego calcular el caudal al 2050. El estudio se realiza a partir de la proyección de la población, basada en datos brindados por el Instituto Nacional de Estadística y los datos de consumo brindados por OSE.

Los parámetros que interesa conocer para poder determinar la demanda actual son la población abastecida, la dotación de agua potable, el porcentaje de pérdidas en la red y el coeficiente de pico diario, para así determinar la demanda máxima de producción de agua potable hacia la red. Además es necesario conocer el porcentaje de pérdidas en la planta, para estimar el caudal que deben procesar las instalaciones de potabilización.

Tabla 2.1: Datos censales de población de la ciudad de Treinta y Tres (Fuente: INE)

Año	Población
1963	21.451
1975	23.448
1985	25.122
1996	30.792
2004	31.826
2011	32.259

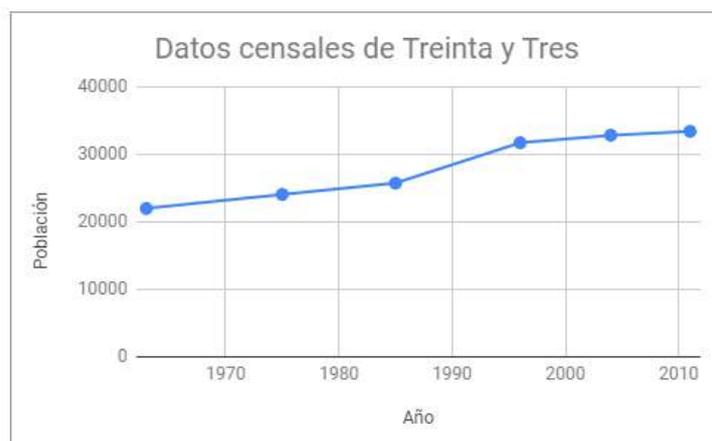


Figura 2.2: Datos censales de población de la ciudad de Treinta y Tres

Se observa que la tasa de crecimiento entre el año 1985 y 1996 fue mayor que en el resto del período (quiebre en la Figura 2.3). Si bien no se tiene una explicación exacta para este fenómeno, podría estar vinculado a la vuelta a la democracia y con ello al retorno de uruguayos al país sumado a migraciones del campo a la ciudad. Dado que fuera de ese período, la tasa de crecimiento ha sido constante, para estimar la población al 2019, se toma en cuenta solamente los últimos tres censos. Este criterio coincide con el del INE para las proyecciones de población departamentales en todo el país, que se basan en los períodos 1996 a 2011.

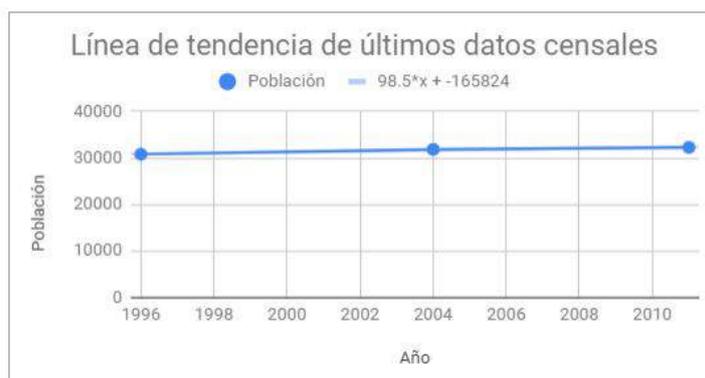


Figura 2.3: Datos censales de población de la ciudad de Treinta y Tres (últimos tres censos)

Continuando la línea de tendencia resulta que la población proyectada para el año 2019 es de **33.048 habitantes**.

Para el cálculo de la dotación actual, se partió de los datos de agua disponible durante el período enero - diciembre 2019 otorgada por OSE, y se estimó un caudal medio diario.

Tabla 2.2: Agua disponible - Año 2019

Año 2019	Agua disponible (m^3 /mes)
Enero	228.240
Febrero	214.570
Marzo	231.687
Abril	212.280
Mayo	219.395
Junio	196.029
Julio	208.452
Agosto	203.411
Setiembre	202.886
Octubre	207.900
Noviembre	212.800
Diciembre	255.600

El caudal medio mensual del año 2019 resulta de $212.893 m^3$, lo que equivale a un caudal medio diario de $7.096 m^3$. El dato de agua disponible suministrado por OSE corresponde al agua elevada desde la planta potabilizadora hacia la ciudad por lo que incluye el consumo de la población y las pérdidas en el sistema. De acuerdo a la información brindada por la gerencia RANC (Reducción de Agua No Contabilizada) las pérdidas reales en ese mismo año ascendían a 34,6%, por lo que se tendrá un consumo diario de $4.693 m^3$ por parte de la población, lo que resulta en una **dotación de 142 litros/habitante.día**.

Para estimar el valor del coeficiente de pico diario K1, se analizaron los valores de producción diaria de un año completo, entre octubre de 2018 y setiembre de 2019.

Tabla 2.3: Valores de producción diaria. Período octubre 2018 - Setiembre 2019

Año 2018-2019	Producción promedio ($m^3/\text{día}$)	Producción máxima diaria ($m^3/\text{día}$)	K1
Octubre 18	7.325	6.658	1,10
Noviembre 18	7.323	7.246	1,01
Diciembre 18	7.855	7.051	1,11
Enero 19	7.723	7.363	1,05
Febrero 19	8.055	7.663	1,05
Marzo 19	9.181	7.474	1,23
Abril 19	7.678	7.109	1,08
Mayo 19	8.401	7.077	1,19
Junio 19	7.131	6.534	1,09
Julio 19	7.208	6.724	1,07
Agosto 19	8.002	6.562	1,22
Setiembre 19	7.884	6.763	1,17

Se observa que el coeficiente de pico diario máximo corresponde a **K1 = 1,23**.

El valor de pérdidas de agua en la planta corresponde al agua para lavado de los filtros y purgas de lodos de los sedimentadores, así como también el agua de servicio. Para su estimación se partió de los datos de agua procesada en la planta (agua bruta bombeada) y de agua elevada a la red de la ciudad (agua disponible) entre octubre 2019 y agosto 2020.

Tabla 2.4: Datos agua bruta y agua disponible

Año 2019-2020	Agua bruta (m^3/mes)	Agua disponible (m^3/mes)	Pérdidas (m^3/mes)	% Pérdidas
Octubre 2019	228.480	207.900	20.580	9
Noviembre 2019	228.820	212.800	16.020	7
Diciembre 2019	269.730	255.600	14.130	5
Enero 2020	272.840	252.000	20.840	8
Febrero 2020	256.125	241.200	14.925	6
Marzo 2020	270.540	252.000	18.540	7
Abril 2020	256.500	241.200	15.300	6
Mayo 2020	256.680	238.560	18.120	7
Junio 2020	236.160	222.360	13.800	6
Julio 2020	235.620	216.998	18.622	8
Agosto 2020	241.696	227.930	13.766	6

La planta comenzó a operar en octubre del año 2019; en ese mes las pérdidas fueron mayores hasta que entró en régimen de funcionamiento, por lo que no se consideró dicho valor para la evaluación del porcentaje de pérdidas. Se obtiene entonces un valor promedio del **6% de pérdidas en la planta**.

Tabla 2.5: Resumen de parámetros año 2019

Población (hab)	Dotación (L/d.hab)	% Pérdidas en la red	K1	Caudal de agua disponible (m ³ /h)	% Pérdidas en la planta	Caudal de agua bruta (m ³ /h)
33.048	142	34,6	1,23	384	6	408

En función de los datos otorgados por OSE, para el período analizado (año 2019), se concluye que la planta trabajó 23 horas promedio al día, obteniéndose un caudal de 408 m³/h. El caudal de tratamiento de la planta actual es de 400 m³/h por lo que se concluye que los valores obtenidos de los parámetros considerados, son consistentes con la situación actual.

2.1.2. Análisis de la demanda al 2050

La estimación de la demanda al 2050 se realiza haciendo una proyección de los parámetros de consumo, a partir de los calculados para la situación al 2019.

■ Población a abastecer

Se estima la población que será abastecida en el 2050 para la ciudad de Treinta y Tres. Se incluye la localidad de Villa Sara, población en la periferia de la ciudad que en la actualidad es abastecida por tres perforaciones pero que se proyecta en algún momento incorporarla.

Tabla 2.6: Población total según censos

Año	Población		
	Villa Sara	TyT	Total
1996	972	30792	31764
2004	1056	31826	32882
2011	1199	32259	33458

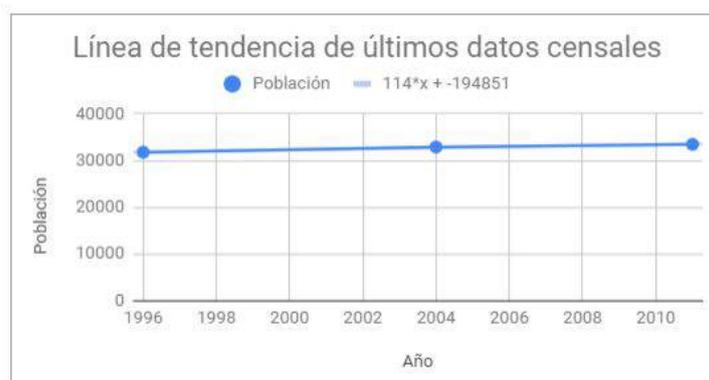


Figura 2.4: Datos censales de población de Treinta y Tres (últimos tres censos)

Teniendo en cuenta los datos censales del INE y considerando que se mantiene la tendencia de crecimiento de la población, se puede proyectar la población al 2050 obteniéndose un total de **38.849** habitantes para dicho horizonte.

■ **Dotación**

Si bien el valor calculado de consumo actual es de 142 L/hab.d, la dotación que se considera para el horizonte de proyecto es de 150 L/hab.d, valor establecido por OSE para sus proyectos de abastecimiento en el interior del país.

■ **Coefficiente de pico máximo diario**

A partir del análisis de producción diaria de los años 2018 y 2019, se obtuvo un coeficiente de pico máximo diario de 1,23. Este valor coincide con el obtenido en el proyecto “Planes Directores de las Ciudades Capitales del Interior”, realizado en 2008 por la consultora israelí Tahal, y que se basa en los valores de consumo diarios registrados en los años 2006 y 2007. A su vez, de acuerdo a lo informado por el personal de OSE, en la ciudad de Treinta y Tres no se han registrados eventos de falta de agua que indicaran una demanda insatisfecha que hiciera dudar del valor de K1 registrado. En consecuencia se considera este valor de 1,23 para la demanda al 2050.

■ **Pérdidas en la red y en la planta**

Se considera un valor de 34,6 % de pérdidas en la red dado que no se prevé un plan de reducción de las mismas, y un 6 % de pérdidas en la planta.

■ **Presentación de resultados**

Considerando los valores anteriores, se obtiene el siguiente resultado de caudal al 2050.

Tabla 2.7: Resumen y caudal de diseño

Caudal de diseño	
Población (hab)	38.849
Dotación (L/d.hab)	150
Coefficiente de pico máximo diario - K1	1,23
Pérdidas en la red (%)	34,6
Pérdidas en la planta (%)	6
Q diseño planta (m^3/d)	11.659

Considerando que la planta operará un máximo de 22 horas en el 2050, para dejar un margen de seguridad ante posibles fallas, se obtiene el caudal de diseño para la planta potabilizadora de **530 m^3/h** .

2.2. Análisis del agua bruta

2.2.1. Descripción de la cuenca

La fuente de abastecimiento de agua potable de la localidad de Treinta y Tres es el Río Olimar Grande. Este río se ubica en la cuenca de la Laguna Merín; tiene sus nacientes en la localidad de Santa Clara del Olimar (Departamento de Treinta y Tres) y es afluente al Río Cebollatí. En su curso medio, luego de recorrer 84 km, pasa por la ciudad de Treinta y Tres.

El régimen del río depende directamente de las lluvias y como en todos los ríos del Uruguay resulta de mucha variabilidad en el año, sin presentar una estacionalidad estrictamente definida. Las máximas crecientes en general se han dado en primavera y otoño y los estiajes pronunciados regularmente se presentan entre diciembre y marzo.

La cuenca del Río Olimar en Treinta y Tres tiene 4.680 km^2 . Aguas abajo de la toma de agua bruta existente, la Dirección Nacional de Hidrología (DNH) tiene instalada una estación hidrométrica (Estación N^o 10 ubicada sobre el puente de Ruta 8), en la cual mide los niveles y caudales del río. El caudal mínimo de la cuenca aforado en la estación hidrométrica es de $0,20 \text{ l/s/km}^2$ lo que se traduce a un mínimo de aforo de $3.420 \text{ m}^3/\text{h}$. La toma de la potabilizadora se ubica aguas arriba de la estación hidrométrica por lo que el caudal aforado en la misma es sin considerar lo que ya se extrajo.

En lo referente a los diferentes usos que se realizan del Río Olimar, los principales son el abastecimiento de agua potable, actividades recreativas, riego de arroz, usos industriales y cuerpo receptor de efluentes tratados (industriales, de potabilización, de depuración de aguas servidas).

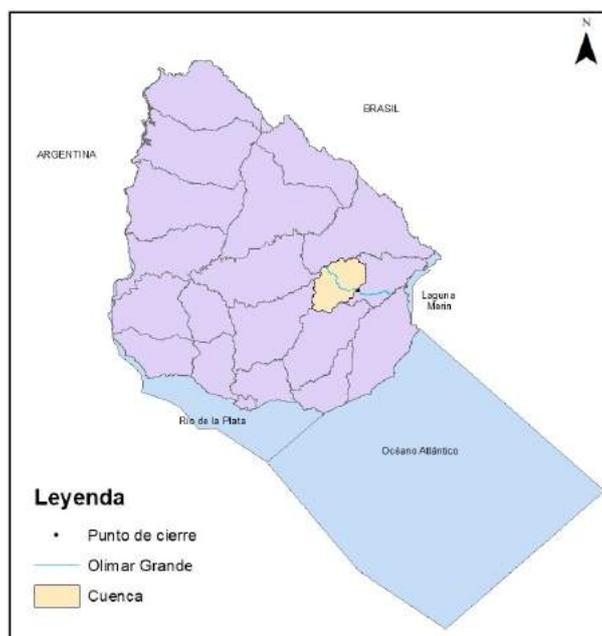


Figura 2.5: Ubicación ciudad de Treinta y Tres y cuenca de estudio

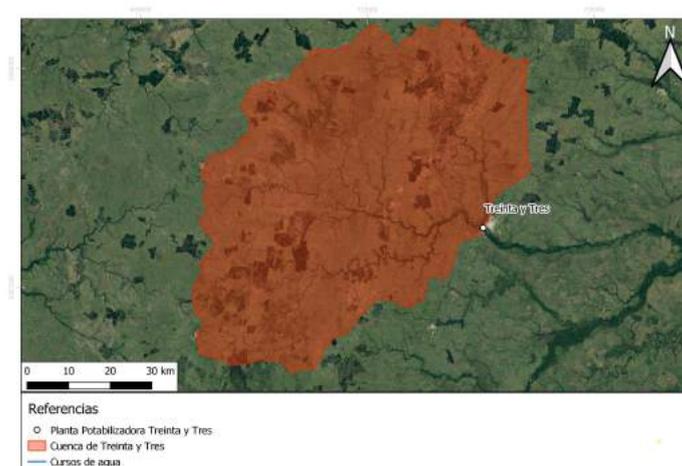
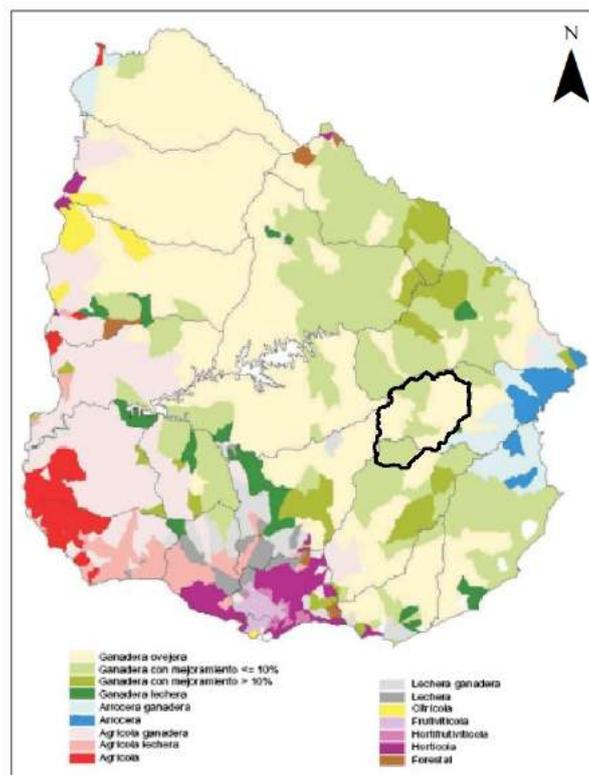


Figura 2.6: Cuenca de estudio

■ **Actividades productivas**

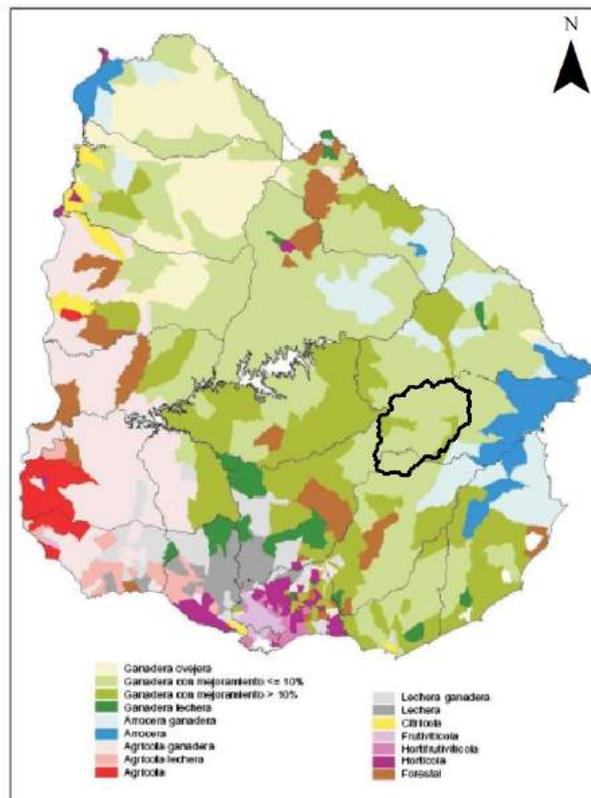
En las siguientes figuras se puede observar cómo han variado las actividades productivas de la cuenca en los últimos 30 años (Fuente: MGAP, 2017).



Leyenda

- Punto de cierre
- Cuenca

Figura 2.7: Regiones agropecuarias del año 1990



Fuente: Elaborado por MGAP-DIEA, con base en el Censo General Agropecuario 2000.

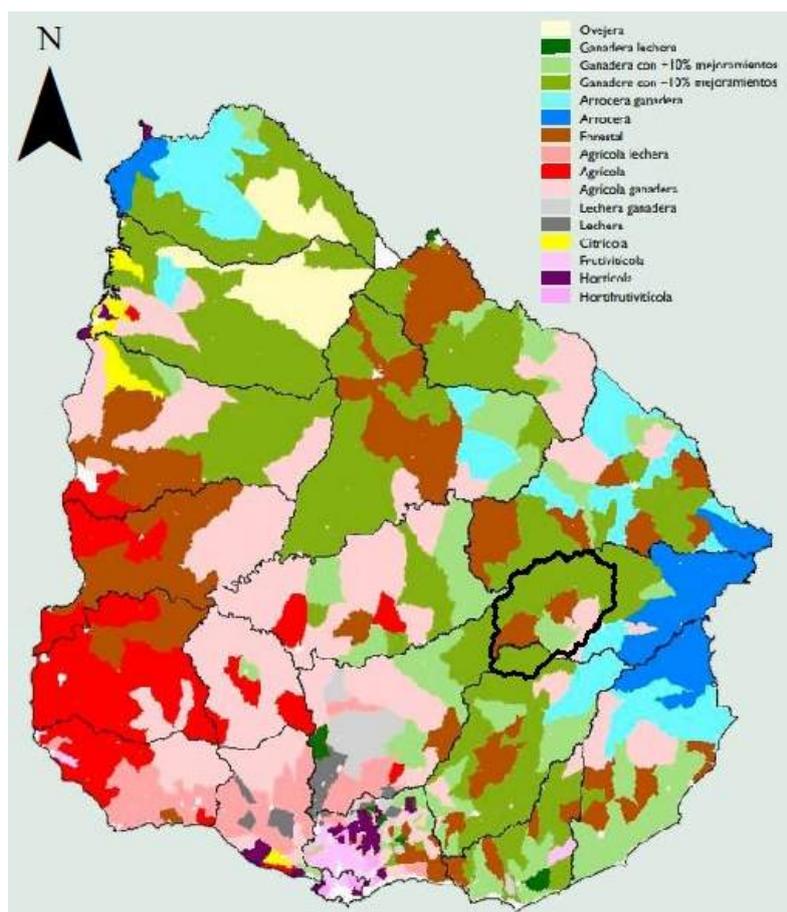
Leyenda

• Punto de cierre

▭ Cuenca

Figura 2.8: Regiones agropecuarias del año 2000

Se puede observar del año 1990 al 2000 la pérdida de importancia relativa que se registra en la producción ovina y la sustitución de la misma por los vacunos. En la Figura 2.9 se tienen las regiones agropecuarias para el año 2011, siendo ésta la información más actualizada. En la tabla 2.8, se detalla el área que ocupa cada una en la cuenca, observándose que la actividad ganadera tiene predominancia y la forestación se ha vuelto un rubro que viene abarcando más territorio.



Leyenda

- Punto de cierre
- Cuenca

Figura 2.9: Regiones agropecuarias del año 2011

Tabla 2.8: Usos del suelo actuales en la cuenca

Usos actuales del suelo	Superficie (km^2)	Porcentaje de uso
Ganadera con -10 % mejoramientos	2527	54 %
Forestal	1123	24 %
Ganadera con +10 % mejoramientos	702	15 %
Agrícola - ganadera	328	7 %

En la Figura 2.10 se presentan los datos de uso de suelo de acuerdo a la información publicada por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA). Se observa que coincide el uso de suelo para ambas fuentes (MGAP y DINAMA) concluyendo que es predominante el uso pastoril, concordante con la ganadería extensiva y el incremento en la forestación.

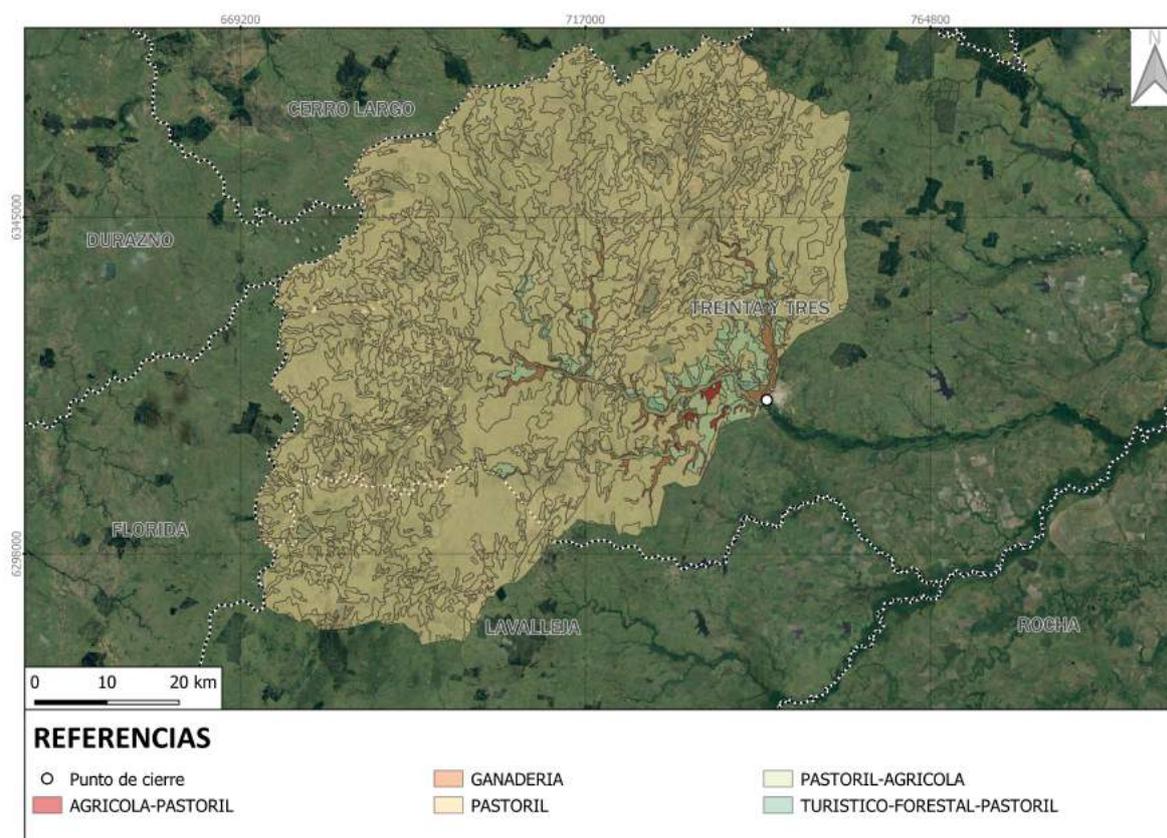


Figura 2.10: Uso de suelo en la cuenca (Fuente: visualizador de DINAMA)

■ Actividades Industriales

La industria de molinos es la única de dimensión relevante en el departamento. Entre la presencia de varios molinos, se destaca ARROZUR, que es también la mayor empresa industrial del departamento. La misma se encuentra aguas abajo de la planta potabilizadora de OSE.

La industria frigorífica no es relevante en el departamento, existiendo un frigorífico de carne equina en la ciudad de Treinta y Tres, aguas abajo de la planta potabilizadora.

■ Actividades Minera y Extractiva

La zona de Treinta y Tres presenta un potencial minero importante, tanto para la minería metálica como la no metálica, encontrándose yacimientos de hierro y calcáreos. Existe en la cuenca una planta para la explotación de piedra caliza (CIMSA), con el objetivo de exportar un producto procesado a partir de esa piedra para la elaboración de cemento pórtland. La misma se encuentra al norte de Treinta y Tres, a orillas del Arroyo Yermal Chico, a aproximadamente 22 km de la planta potabilizadora.

2.2.2. Curvas de inundación

El evento de inundación de mayo del año 2007 fue el más dramático que ha vivido el departamento hasta la fecha, se correspondió a una tormenta con período de retorno de 175 años y los niveles de agua llegaron hasta una cota +34,50 m (medido desde el cero oficial), provocando

que la anterior planta potabilizadora cesara su funcionamiento por encontrarse parte de sus instalaciones por debajo de dicha cota.

Para prever escenarios de inundación en la ciudad, ante los cuales la planta potabilizadora pueda interrumpir el abastecimiento a la población de Treinta y Tres, la ex Dirección Nacional de Agua y Saneamiento (DINASA) ² construyó un modelo hidrodinámico del río Olimar. Con el mismo se realizó el mapa de riesgo por inundación el cual se incluyó en el Plan de Ordenamiento Territorial del departamento. En la Figura 2.11 se muestran las afectaciones directamente sobre el predio de la planta para los diferentes períodos de retorno.

La nueva planta se construyó a una cota ubicada por encima de la máxima inundación. Las unidades de tratamiento están a cota +38,80 m y la sala de cloración, que es el punto más bajo, se construyó a cota +35,60 m correspondiente con una tormenta de período de retorno de 500 años.



Figura 2.11: Cota de inundación - Ciudad de Treinta y Tres

2.2.3. Parámetros de calidad del agua bruta

El río Olimar pertenece a la red hidrológica de la cuenca de la Laguna Merín y ha sido objeto de estudio desde hace mucho tiempo. DINAMA realizó la evaluación detallada sobre la calidad del agua entre 2015 y 2019. Los muestreos y resultados obtenidos no se tuvieron en cuenta en este estudio para el análisis específico de cada uno de los parámetros debido a que los puntos de extracción se encuentran ubicados aguas abajo de la planta potabilizadora (luego de la descarga de la planta de tratamiento de la ciudad) y con poca frecuencia de muestreo. Sin embargo los

²Inundaciones y Drenaje Urbano - Informe Final Caso Piloto - Inundaciones de Ribera.

resultados de la calidad del curso en general obtenidos en el informe “Evaluación de la calidad de agua de la cuenca de la Laguna Merín”, se tienen en cuenta al momento de concluir sobre la calidad del río Olimar. En el período mencionado, se comporta como un curso mesotrófico de acuerdo con el Índice de Estado Trófico.

El análisis se realiza en base a los datos históricos registrados por OSE entre 2010 y 2020 de parámetros físico-químicos, hidrobiológicos y metales medidos en el agua bruta que ingresa a la planta. Se destaca que no se cuenta con datos de agroquímicos.

Para comparar estos parámetros con valores máximos admisibles para cursos de agua utilizados como fuente para potabilización se considera el Decreto 253/79. Esta normativa define criterios para la clasificación de los cuerpos de agua según sus usos preponderantes o potenciales dentro de cuatro clases. Si bien el Río Olimar está clasificado como clase 3, al igual que todos los cursos de agua del país salvo algunas excepciones, se realizará la comparación de los datos disponibles con los estándares establecidos para Clase 1 (aguas destinadas o que puedan ser destinadas al abastecimiento de agua potable a poblaciones con tratamiento convencional). Dado que el Decreto no considera los parámetros hidrobiológicos, para comparar los mismos se tuvo en cuenta el “Proyecto de reglamento de calidad del agua potable” redactado por la URSEA en 2011. En éste se establece que se considerará una anomalía de cianobacterias cuando su abundancia en el agua bruta sea mayor o igual a 5.000 cel / ml.

■ Parámetros físico-químicos

Los parámetros físico-químicos que se evaluaron son: pH, turbiedad, temperatura, nitrógeno, fósforo, alcalinidad y color.

Para cada parámetro se determinó la media, el valor mínimo y el valor máximo del período de medición desde el 26/10/2015 al 17/04/2020. Para el caso de pH, temperatura alcalinidad y turbiedad, las muestras fueron realizadas por OSE todos los días cada 2 horas, durante el período mencionado. Para el caso de nitrógeno, fósforo y color se realizaron análisis mensuales dentro del mismo período.

● Potencial de hidrógeno pH

El pH (potencial hidrogeniónico) se define como: $-\log_{10} [H^+]$ y es una medida del grado de acidez o basicidad del medio en cuestión.

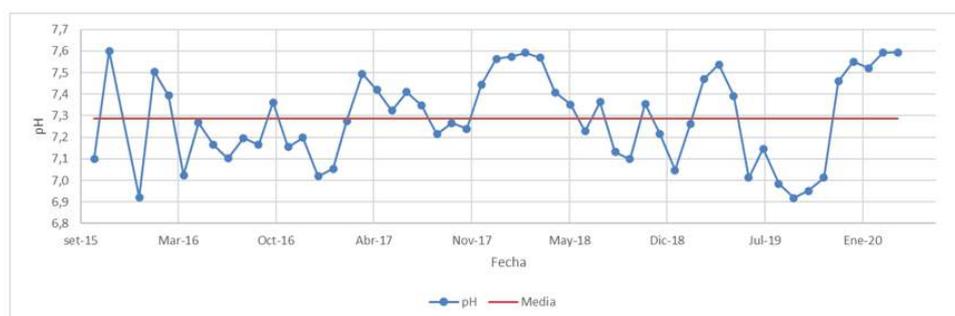


Figura 2.12: Evolución temporal de pH - Datos de OSE

Tabla 2.9: Potencial de hidrógeno - pH

Potencial hidrógeno pH			
Media	Mínimo	Máximo	Decreto 253/79
7,3	6,9	7,6	6,5 - 8,5

Se observa que los valores de pH medidos en el agua bruta se encuentran dentro del rango establecido en el Decreto 253/79.

- Alcalinidad

La alcalinidad deriva de la presencia de bicarbonatos, carbonatos o hidróxidos. Para los rangos de pH del agua bruta estudiada, la alcalinidad se debe principalmente a los bicarbonatos. Es uno de los parámetros más importantes a medir en el agua bruta dado que interviene directamente en la etapa de coagulación.

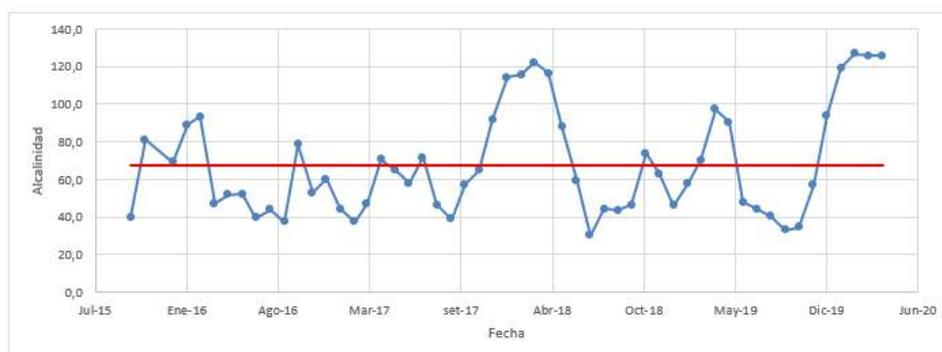


Figura 2.13: Evolución temporal de Alcalinidad - Datos de OSE

Tabla 2.10: Alcalinidad (mg/l)

Alcalinidad		
Media	Mínimo	Máximo
67,7	30,2	126,7

- Turbiedad

La turbiedad se define como la propiedad del agua de desviar los rayos de luz. La misma se debe a la presencia de sólidos suspendidos, que se suelen asociarse principalmente con limos y arcillas.

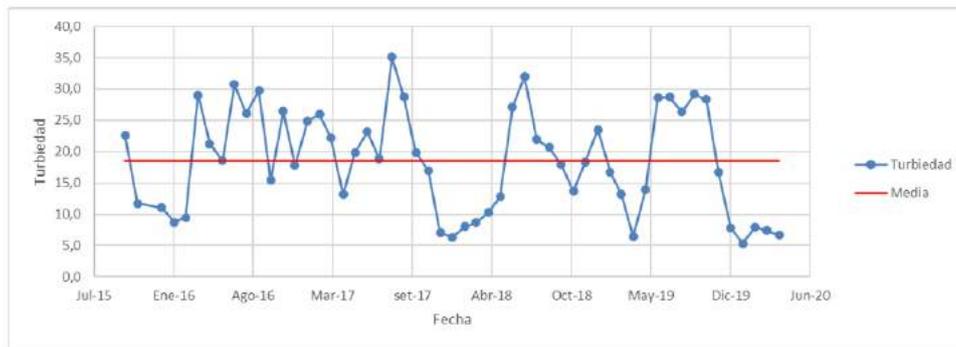


Figura 2.14: Evolución temporal de Turbiedad - Datos de OSE

Tabla 2.11: Turbiedad en NTU

Turbiedad			
Media	Mínimo	Máximo	Decreto 253/79
18,5	5,4	35,1	50

Se observa que la turbiedad se mantiene siempre por debajo del valor máximo admitido por el Decreto 253/79.

- Temperatura

El valor de temperatura no se encuentra limitado por el Decreto 253/79 ya que no reporta riesgos sanitarios. Es un parámetro que influye en el proceso de tratamiento, ya sea en la concentración de oxígeno disuelto, en la actividad de organismos que producen sabor y olor, en la solubilidad de los gases en el agua y en el grado de corrosión en los sistemas de distribución.

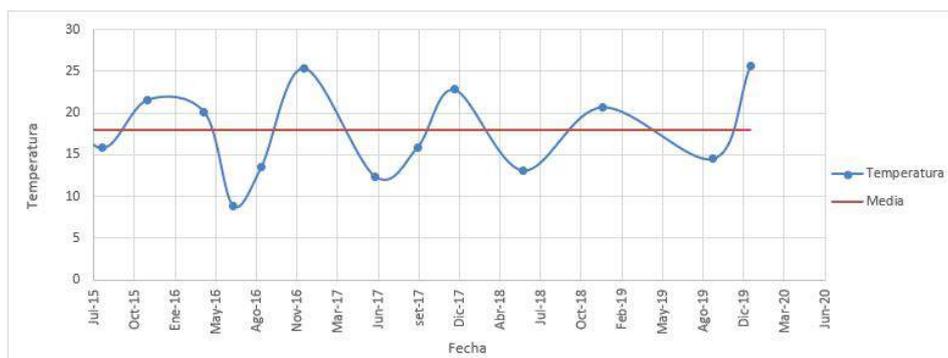


Figura 2.15: Evolución temporal de Temperatura - Datos de OSE

Tabla 2.12: Temperatura en °C

Temperatura		
Media	Mínimo	Máximo
18,1	8,9	25,6

- Color

El color es la capacidad que tiene el agua de absorber determinada gama de longitudes de onda de la luz incidente.

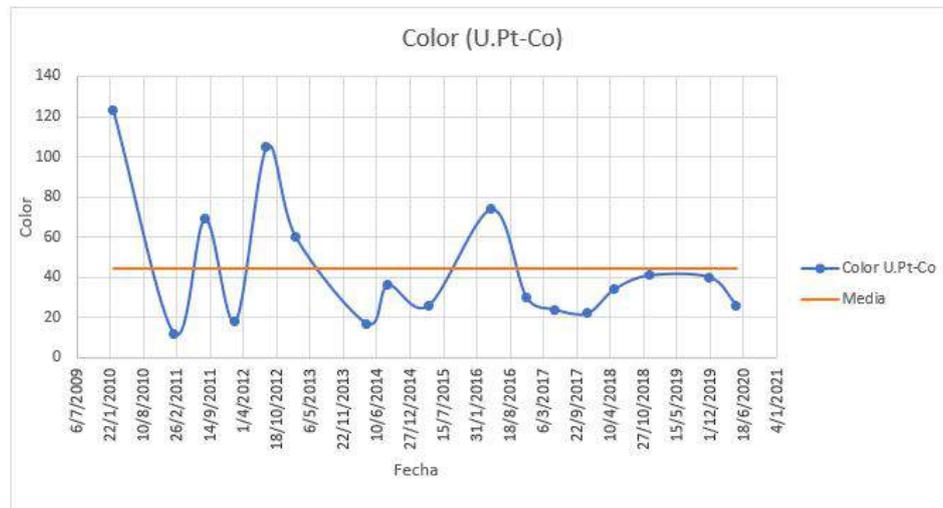


Figura 2.16: Evolución temporal del color

Tabla 2.13: Color (U.Pt-Co)

Color		
Media	Mínimo	Máximo
44,5	12,0	123,0

- Nitrógeno y fósforo

El nitrógeno y el fósforo son nutrientes cuya presencia interesa porque su abundancia advierte sobre los riesgos de generación de procesos de eutroficación en los cursos de agua. Si bien no son los únicos nutrientes que necesitan los organismos productores acuáticos, son los que suelen actuar como factores limitantes para su crecimiento (otros factores limitantes habituales suelen ser la turbiedad, la luz, la temperatura, el oxígeno disuelto). La aparición de blooms de algas es un problema que interfiere con los procesos de potabilización y la presencia de nitrógeno puede interferir además en la desinfección, condicionando el consumo de desinfectante.

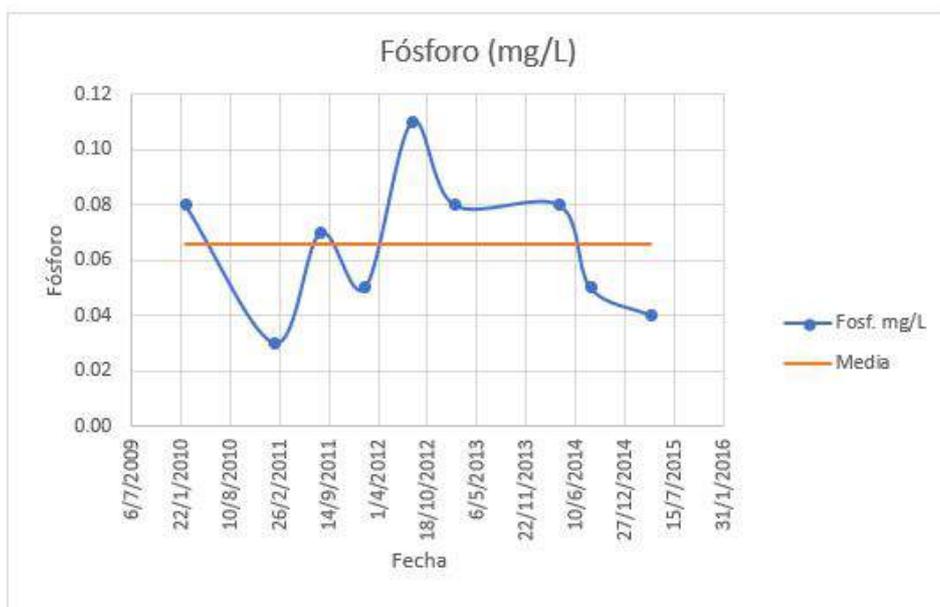


Figura 2.17: Evolución temporal de fósforo

Tabla 2.14: Fósforo (mg/l)

Fósforo			
Media	Mínimo	Máximo	Decreto 253/79
0,08	0,03	0,11	0,025

En la gráfica se observa que los análisis dieron siempre por encima del valor máximo establecido en el Decreto 253/79. Dentro del período 2016-2019 se realizaron 7 muestras, sus resultados no fueron incluidos en el gráfico 2.17 por ser todos $< 0,1$ mg/L, por lo que no se tiene el valor exacto.

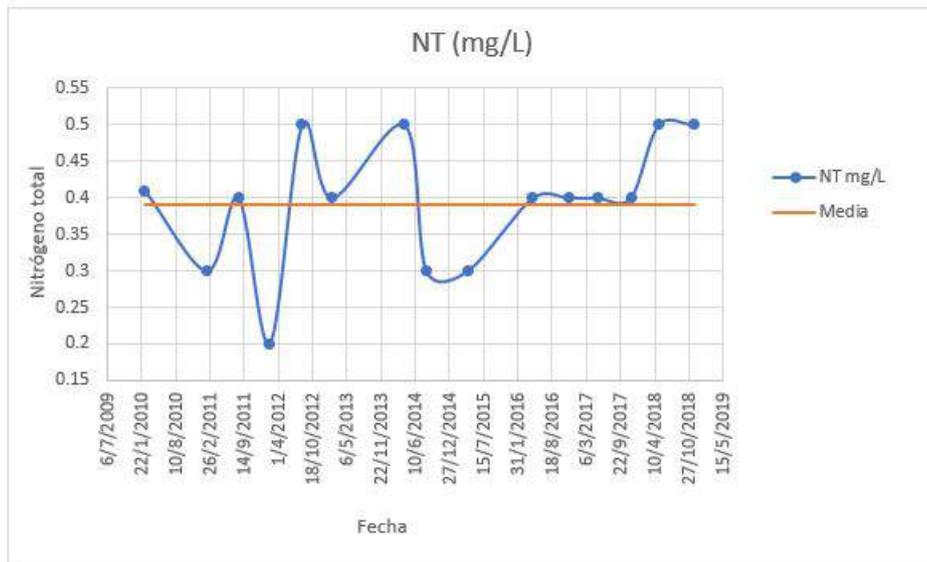


Figura 2.18: Evolución temporal de nitrógeno total

Tabla 2.15: Nitrógeno (mg/l)

Nitrógeno total		
Media	Mínimo	Máximo
0,39	0,20	0,50

Se debe tener en cuenta que el Decreto 253/79 no limita nitrógeno total sino que limita amonio a 0,02 mg/l y nitratos a un máximo de 10 mg/l. Sumando la concentración máxima admisible de nitrato y amonio, ambos medidos como nitrógeno, se obtiene un límite de 2,26 mg/l. Puede concluirse entonces que el máximo que se ha observado en el curso de 0,5 mg/l, no supera los valores establecidos por el Decreto 253/79.

■ **Parámetros hidrobiológicos**

La presencia de zooplancton y/o fitoplancton puede asociarse a eventos de olor y sabor, toxicidad, así como también ser causa de interferencias en los procesos de tratamiento como por ejemplo obstrucción de filtros, y/o representar una carga orgánica adicional para las redes de distribución.

Tabla 2.16: Parámetros hidrobiológicos (s/n: sin datos). Donde, fito: fitoplancton, zoo: zooplancton y ciano: cianobacterias

Fecha	Fito Total org/mL	Zoo Total org/mL	Ciano Tot. org/mL	Ciano Tot. cél.eq/mL	Picoplancton
16/3/2011	1360,5	2	4,8	s/n	Presencia
11/10/2011	408,6	0,4	s/n	s/n	Presencia
13/3/2012	765,2	<15,7	0,8	s/n	Presencia
9/10/2012	200	90,5	10	s/n	Presencia
23/4/2013	135,7	1	40,2	s/n	s/n
10/10/2013	46,4	<0,4	1,6	s/n	Presencia
13/3/2014	40	0,8	s/n	s/n	s/n
8/12/2014	7,2	1,2	s/n	s/n	s/n
13/4/2015	64,8	1,2	<0,4	s/n	s/n
7/10/2015	82,3	1,6	15,6	43,1	s/n
28/3/2016	570	1,2	2,8	53,9	s/n
8/5/2017	503,1	0,4	16,9	14,5	s/n
30/5/2017	7,2	9	0,4	4	s/n
21/11/2017	343	<0,4	<0,4	s/n	s/n
8/5/2018	499,9	<0,4	16,1	56,9	s/n
30/5/2018	4,4	<0,4	2	3,1	s/n
20/11/2018	116,8	1,2	<0,4	s/n	Presencia
10/4/2019	403,5	8,6	<0,4	s/n	Presencia
28/5/2019	3,6	<0,4	0,8	1,9	s/n
19/11/2019	87,3	6,4	4,5	1,4	s/n

Tabla 2.17: Resultados de media, máximos y mínimos.

	Fito Total (org/mL)	Zoo Total (org/mL)	Ciano Tot. (org/mL)	Ciano Tot. (cél.eq/mL)
Media	282,5	7,2	5,9	8,9
Máximo	1360,5	90,5	40,2	56,9
Mínimo	3,6	0,4	0,0	0,0

Respecto a las cianobacterias si bien se cuenta con una serie de pocos datos, puede observarse que en ningún caso se estuvo próximo a lo que se puede considerar una anomalía por cianobacterias (máximo de 56,9 cel.eq/mL muy por debajo de 5.000 cel.eq/mL). Asimismo, de acuerdo a lo informado por el personal de la planta, no se han informado hasta la fecha eventos de algas que hayan interferido con el proceso de potabilización, o eventos de olor y sabor en el agua tratada.

■ Presencia de metales pesados

Entre los tóxicos de mayor interés desde el punto de vista de contaminación de cursos de agua, se encuentran los metales pesados.

Tabla 2.18: Resultados de análisis realizados por OSE para metales pesados (*valores que superan el Decreto)

Fecha	Zn (mg/L)	Pb mg/L (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)
8/2/2010	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	0,002	<0,06
7/2/2011	<0,04	0,003	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,06
11/8/2011	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	0,002	<0,06
9/2/2012	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,06
16/8/2012	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,06
6/2/2013	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	0,002	<0,06
8/4/2014	0,38*	0,005	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,06
12/8/2014	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	0,002	<0,06
13/4/2015	<0,04	<0,002	<0,005	<0,0004	<0,002	<0,06
5/8/2015	<0,04	<0,002	<0,003	<0,0004	<0,002	<0,06
27/4/2016	0,05*	<0,002	<0,003	<0,0004	0,002	<0,06
21/11/2016	<0,04	<0,002	<0,003	<0,0004	<0,002	<0,06
8/5/2017	<0,04	<0,002	<0,003	<0,0004	<0,002	<0,06
20/11/2017	<0,04	<0,002	<0,003	<0,0004	<0,002	<0,06
2/5/2018	0,06*	0,003	<0,003	<0,0004	<0,002	<0,06
7/5/2019	<0,04	0,002	<0,003	<0,0004	<0,002	<0,06
26/11/2019	<0,04	<0,002	<0,003	<0,0004	0,002	<0,06

Se observa que se superan los valores de Zinc en un 17 % de las muestras. Para el resto de los metales pesados no se superan los valores máximos admitidos en el Decreto 253/79.

2.2.4. Análisis de resultados

Según los resultados, se puede concluir que los parámetros presentaron rangos dentro de lo esperable y en cumplimiento con los límites establecidos en el Decreto 253/79 para clase 1, exceptuando el fósforo que superó los máximos admitidos. Aún cuando en los análisis hidrobiológicos no se detectó presencia elevada de cianobacterias, el tener elevadas concentraciones de fósforo puede contribuir, junto con otras características como temperatura, períodos de escasez hídrica, entre otros, a probables eventos de floraciones algales en el curso de agua. La presencia de fósforo en la cuenca se relaciona principalmente a aportes de tipo difuso, dado que no existen emprendimientos que pudieran verter efluentes o generar descargas con nutrientes aguas arriba del sitio de emplazamiento de la planta potabilizadora de OSE.

En lo que respecta al uso de suelo en la cuenca, se destaca el uso pastoril, por lo tanto los aportes de tipo difuso podrían deberse a erosión natural, dado que la ganadería extensiva en algunos casos implica mejoramientos de pasturas por ejemplo mediante siembra al voleo, o a que el ganado abreve directamente del curso. Debido a esto, no es probable la presencia de agroquímicos en el agua dentro de los límites detectables, ya que por ejemplo la ganadería extensiva no se caracteriza por ser un rubro intensivo en el uso de herbicidas u otros fitosanitarios. Por lo tanto, aún cuando OSE no cuenta con análisis específicos para medir estos parámetros, puede considerarse que no serían un problema a prever en la planta.

En conclusión, parece razonable tratar el agua por medio de un proceso convencional, prestando especial atención al control de los parámetros hidrobiológicos y al contenido de fósforo, previendo tratamientos específicos como medidas de control ante posibles eventos de cianobac-

terias y de olor y sabor.

2.3. Análisis del agua tratada

El objetivo de la planta es obtener un producto que sea considerado como “agua potable”. Por lo tanto, no sólo se busca que el agua no tenga efectos negativos para la salud, sino que además no provoque el rechazo por parte del consumidor. A partir de los datos brindados por OSE para los parámetros de calidad de agua tratada en el período agosto 2019 - setiembre 2020, se realiza una evaluación de las características que presenta el agua producida comparado con los valores máximos permitidos (VMP) establecidos por la Norma UNIT 833:2008.

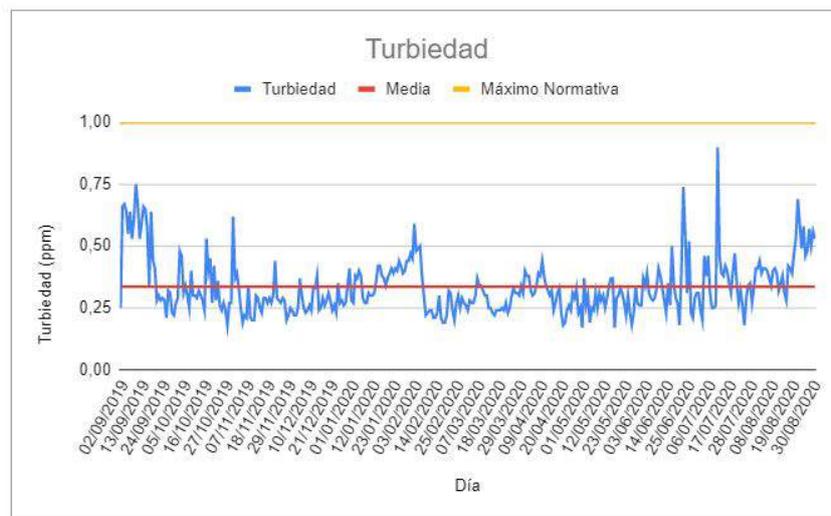


Figura 2.19: Evolución temporal de turbiedad

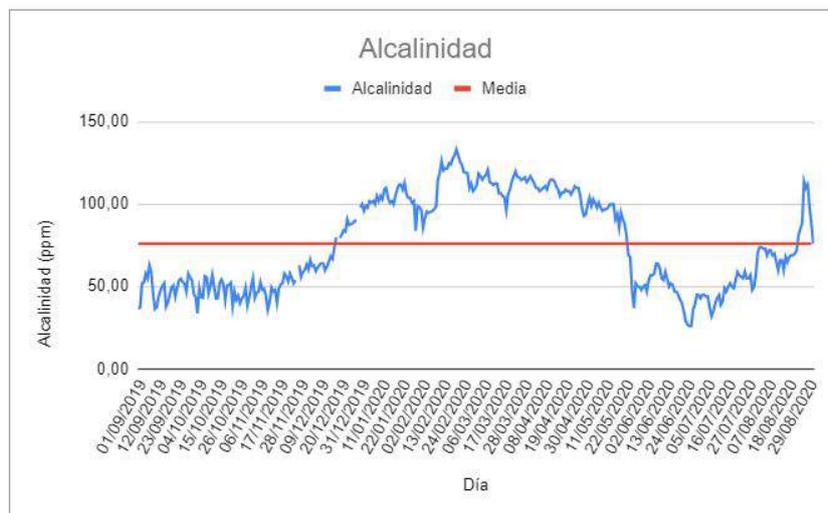


Figura 2.20: Evolución temporal de alcalinidad

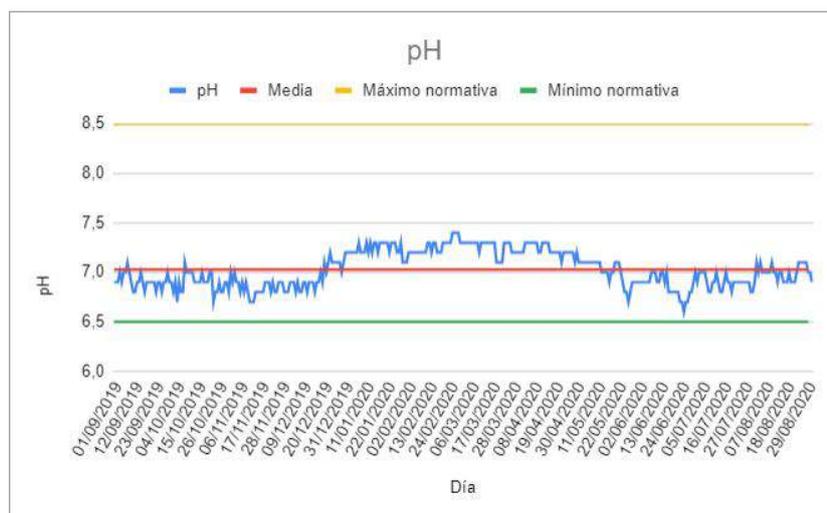


Figura 2.21: Evolución temporal de pH

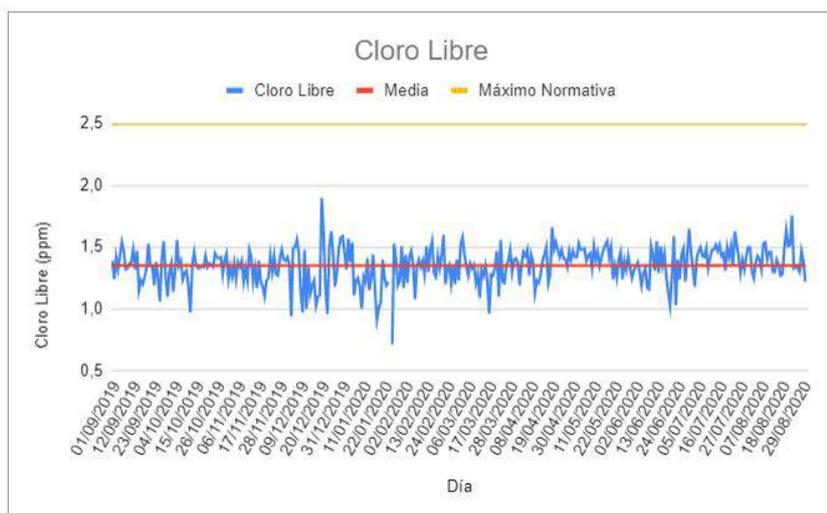


Figura 2.22: Evolución temporal de cloro libre

Tabla 2.19: Resumen calidad de agua tratada (agosto 2019 - setiembre 2020)

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	VMP (UNIT)
Turbiedad (NTU)	0,2	0,9	0,3	1
Alcalinidad (ppm)	26,0	133,3	76,1	no aplica
pH	6,6	7,4	7,0	6,5 - 8,5
Cloro libre (mg/l)	0,7	1,9	1,3	2,5

Se observa que la calidad del agua obtenida cumple con los valores establecidos en la normativa UNIT de agua potable.

Respecto a la turbiedad, OSE establece un valor máximo más restrictivo de 0,5 NTU como margen de seguridad. Para este máximo se observa que en algunos momentos del año la turbiedad supera este valor. Este aspecto no es menor debido a que alta turbiedad implica pre-

sencia de partículas que pueden actuar como barrera del desinfectante para los microorganismos, reduciendo la efectividad de la etapa de desinfección.

Respecto a la concentración de cloro libre, el valor medio definido en la tabla 2.19 asegura una correcta desinfección en toda la red. Si bien se ubica por debajo del máximo establecido por la normativa, es una concentración alta para los consumidores que se encuentran cerca de la distribución, siendo habitual recibir quejas por parte de los consumidores debido a exceso de sabor y olor a cloro. Actualmente se trabaja con estas concentraciones debido a que no se cuenta con estaciones de recloración en la red.

En la tabla 2.20 se presenta el nivel de cumplimiento para olor, color verdadero, coliformes totales y *Escherichia Coli*, extraídos de la “Información sobre calidad de agua potable - Datos estadísticos relevantes”³ para el período enero 2019 - junio 2020.

³Datos publicados por OSE - www.ose.com.uy

Tabla 2.20: Olor, color verdadero, coliformes totales y Escherichia Coli para el período Enero 2019 - Junio 2020

Parámetros	Unidad	Cantidad de muestras		Cump.	Resultado Trimestral	Valor de referencia (UNIT)
		Analizadas	Cumplen			
Trimestre 01/2019- 03/2019						
Olor		41	41	100 %	Característico	Característico
Color Verdadero	U.Pt - CO	41	41	100 %	<5	menor o igual a 15 U.Pt - CO
Coliformes Totales		44	44	100 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Escherichia Coli		44	44	100 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Trimestre 04/2019- 06/2019						
Olor		35	35	100 %	Característico	Característico
Color Verdadero	U.Pt - CO	35	35	100 %	<5	menor o igual a 15 U.Pt - CO
Coliformes Totales		35	35	100 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Escherichia Coli		35	35	100 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Trimestre 07/2019- 09/2019						
Olor		45	45	100 %	Característico	Característico
Color Verdadero	U.Pt - CO	45	45	100 %	<5	menor o igual a 15 U.Pt - CO
Coliformes Totales		47	47	100 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Escherichia Coli		47	47	100 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Trimestre 10/2019- 12/2019						
Olor		42	42	100 %	Característico	Característico
Color Verdadero	U.Pt - CO	42	42	100 %	<5	menor o igual a 15 U.Pt - CO
Coliformes Totales		42	42	100 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Escherichia Coli		42	42	100 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Trimestre 01/2020- 03/2020						
Olor		42	42	100 %	Característico	Característico
Color Verdadero	U.Pt - CO	42	42	100 %	<5	menor o igual a 15 U.Pt - CO
Coliformes Totales		45	40	88,89 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Escherichia Coli		45	42	93,33 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Trimestre 04/2020- 06/2020						
Olor		33	33	100 %	Característico	Característico
Color Verdadero	U.Pt - CO	33	33	100 %	<5	menor o igual a 15 U.Pt - CO
Coliformes Totales		32	32	100 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml
Escherichia Coli		32	32	100 %	Ausencia	Ausencia en 100 ml

Se observa que los valores obtenidos cumplen con la normativa.

2.4. Diagnóstico de la planta actual

Descripción general

La planta fue proyectada para abastecer la ciudad de Treinta y Tres y la localidad de Villa Sara, con un caudal de diseño de $450 \text{ m}^3/\text{h}$. En la actualidad el caudal demandado varía entre un mínimo de $360 \text{ m}^3/\text{h}$ en invierno y un máximo de $400 \text{ m}^3/\text{h}$ en verano aproximadamente, y abastece solo la ciudad de Treinta y Tres, dado que Villa Sara es abastecida aún por perforaciones.

El agua bruta ingresa a través de la toma ubicada a unos 330 m de la planta. Posteriormente pasa por un desarenador, y se conduce hacia un pozo de bombeo equipado con bombas sumergibles. Se eleva a la planta, a través de dos tuberías aductoras, hasta la unidad de mezcla rápida pudiéndose aplicar en la aducción ceniza de soda para la corrección de alcalinidad y pH y carbón activado en polvo para posibles eventos de olor y sabor.

Para el proceso de coagulación (mezcla rápida) se cuenta con un vertedero rectangular, aunque actualmente no se utiliza y la mezcla se realiza directamente en la tubería aductora.

Luego de la mezcla rápida el caudal se divide en dos trenes de tratamiento en paralelos, que cuentan con etapas sucesivas de floculación (primero mecánica y después hidráulica) y sedimentación de flujo laminar. Se tiene un sistema instalado para la dosificación de polímero al ingreso de la floculación hidráulica para ayudar en la formación de flóculos. El agua clarificada obtenida de los sedimentadores se une y continúa hacia la etapa de filtración rápida.

La planta cuenta con una batería de 6 filtros de lecho de arena y antracita, de tasa declinante y lavado mutuo. Se cuenta con la posibilidad de agregar cloro como etapa de intercloración previo al ingreso en los filtros.

Posteriormente existe una etapa de filtración con carbón activado granular, que consta de 4 filtros que actualmente no se utilizan.

Por último se realiza la desinfección, aplicando cloro previo al ingreso al tanque de contacto. Se cuenta con la posibilidad de aplicar ceniza de soda para corrección del pH.

Finalmente se tiene instalado un sistema de tratamiento de lodos (provenientes de la purga de los sedimentadores y lavado de filtros), el cual no ha entrado en operación hasta la fecha, por lo que actualmente son vertidos por un canal hacia el actualmente los lodos son vertidos por un canal hacia el Río.

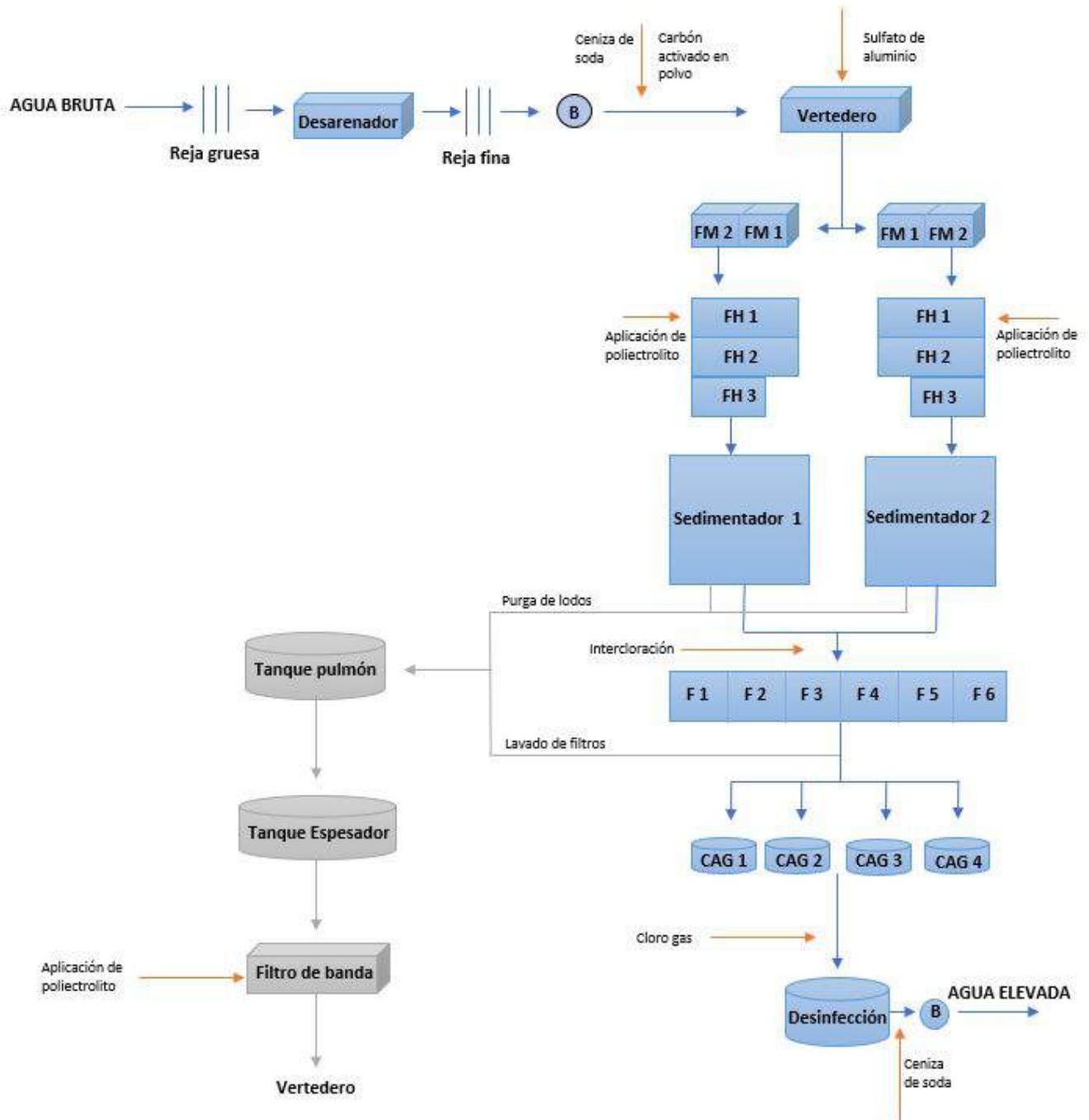


Figura 2.23: Diagrama de flujo

Donde:

- FM: floculadores mecánicos
- FH: floculadores hidráulicos
- F: filtros rápidos de tasa declinante
- CAG: filtros de carbón activado granular

Unidades de la planta

A continuación se describen las características generales de cada etapa del proceso, incluyendo las observaciones que surgen de las visitas que se efectuaron a la planta.⁴ Se analizan los principales parámetros operativos de cada etapa desde el punto de vista hidráulico, considerando un caudal medio de tratamiento para la demanda actual de $380 \text{ m}^3/\text{h}$.

■ Obra de toma

El agua bruta es tomada del Río Olimar Grande y pasa primero por un sistema de pretratamiento compuesto por rejas gruesas, canal desarenador, rejas finas. Luego es bombeada hacia la planta a través de una tubería de PVC de diámetro 315 mm y 330 m de largo. Además se cuenta con otra tubería de respaldo de FD de 250 mm de diámetro.

El sistema de bombeo consta de dos bombas sumergibles marca Flygt 2250 serie 2000, en régimen 1+1, las cuales fueron instaladas en el año 2000. El tablero eléctrico de control de la toma está ubicado encima del pozo de bombeo, a una cota por encima del nivel de la máxima crecida.



Figura 2.24: Obra de toma

⁴Primera visita 20 de junio de 2020; segunda visita 12 de setiembre de 2020.



Figura 2.25: Río Olimar Grande aguas abajo de la planta

■ **Aplicación de carbón activado en polvo y de ceniza de soda**

Existe previsto un punto de aplicación de carbón activado en polvo (CAP) en la tubería de aducción de agua bruta, así como un punto para la aplicación de ceniza de soda.

Si bien la unidad para la inyección de carbón está en condiciones de operar, hasta el momento no ha sido puesta en funcionamiento dado que no se han registrado eventos extraordinarios de olor y sabor.



Figura 2.26: Cámara de acceso para la aplicación de carbón activado (En desuso)

■ **Coagulación**

La etapa de coagulación prevista en la planta consta de un vertedero rectangular donde mediante la generación de un resalto hidráulico se produce la mezcla rápida. Dicho vertedero tiene ancho de 0,6 m.



Figura 2.27: Resalto hidráulico en vertedero rectangular

Considerando las dimensiones del canal y el caudal medio de 380 m³/h, puede calcularse tanto el gradiente medio de velocidad como el tiempo de mezcla, cuyos resultados se expresan a continuación.

Tabla 2.21: Parámetros operativos en el vertedero rectangular para caudal actual

Tiempo de mezcla (s)	1,44
Gradiente (s ⁻¹)	1.683

Si bien los parámetros de operación dan dentro de los valores recomendados por bibliografía (tiempo de mezcla entre 1 y 5 segundos y gradiente mayor a 1000 s⁻¹, *CEPIS, 2004*), actualmente el vertedero no se encuentra operativo. De acuerdo a lo informado por el personal de la planta esto se debe a que al entrar en funcionamiento, no se obtenían turbiedades adecuadas en el agua sedimentada. En ese momento el coagulante se aplicaba aguas arriba del vertedero. Cabe aclarar que de acuerdo a lo recomendado según bibliografía (*Arboleda, 2000*), el punto de aplicación del coagulante debe ser a 0,86 m aguas abajo del vertedero.

Actualmente la aplicación del coagulante se realiza mediante inyección en la tubería de agua bruta, aguas arriba del vertedero, por lo que la mezcla rápida se da en la propia tubería. Considerando una longitud de mezcla de 5 m, se obtienen los valores de funcionamiento indicados en la tabla 2.22 para el caudal de 380 m³/h, observándose que se cumplen los valores recomendados por bibliografía para sistemas de mezcla rápida.

Tabla 2.22: Parámetros operativos en tubería para el caudal actual de 380 m³/h

Tiempo de mezcla (s)	3,4
Gradiente (s-1)	1098



Figura 2.28: Puntos de inyección de coagulante en tubería de agua bruta

■ Floculación

Cada tren de tratamiento contiene dos floculadores mecánicos y tres hidráulicos en serie.

● Floculación mecánica

Cada floculador es de sección prismática de aproximadamente 3,0 x 2,75 m de lado y 3,25 m de altura. Cuenta con un agitador de eje vertical, con cuatro paletas de flujo axial, dispositivo anti vórtice y variador de frecuencia, lo que permite regular el gradiente de operación. Sin embargo, opera solo la primera celda de cada tren a velocidad fija de 14 rpm, mientras que en la segunda el motor se encuentra apagado, por lo cual no se trabaja con gradientes escalonados.

Tabla 2.23: Dimensiones y tiempo de retención de floculador mecánico

Altura - H(m)	3,25
Largo - L (m)	3,05
Ancho - A (m)	2,75
Volumen - V (m ³)	27,3
Tiempo de retención - Tr (min)	9,0

Tabla 2.24: Dimensiones de las paletas y gradiente hidráulico de una celda

Velocidad de rotación (rpm)	14
Altura paleta (m)	0,25
Ancho paleta (m)	0,5
N° paletas	4
Gradiente (s-1)	24

Si bien los floculadores cuentan con un sistema de lavado superficial, de manera de evitar la acumulación de espumas, al momento de la visita se constató presencia de espuma en la superficie (como se observa en la Figura 2.30).



Figura 2.29: Floculador mecánico



Figura 2.30: Espuma en superficie de floculador mecánico

- Floculación Hidráulica

La floculación hidráulica en cada tren se da por medio de tres unidades de chicanas de flujo vertical en serie. Las tres celdas tienen una longitud de 6,5 m y ancho que varía entre 0,8 m en la primera y 1,2 m en la última. La primera cuenta con 18 chicanas, la segunda con 15 y la última con 4.

Tabla 2.25: Dimensiones de la unidad y tiempo de retención hidráulico

ETAPA	1	2	3
Largo (m)	6,5	6,5	2,5
Ancho (m)	0,8	1,0	1,2
Altura útil (m)	3,1	3,1	3,1
Volumen de cada celda (m^3)	16,1	20,2	9,3
Tiempo de retención (min)	5,1	6,4	2,9

Tabla 2.26: Dimensiones de las chicanas y gradiente hidráulico

ETAPA	1	2	3
Separación de pasaje (m)	0,35	0,40	0,50
Altura de pasaje (m)	0,53	0,40	0,55
Número de cambios de dirección	18	15	4
Gradiente (s ⁻¹)	40	34	19

Con las dimensiones y detalles de las chicanas se verifican los gradientes en las distintas etapas. El tiempo de retención de la floculación hidráulica para cada tren es de 14 minutos con gradientes escalonados de 40, 34 y 19 s⁻¹.

En la Figura 2.31, se visualizan las tres etapas del proceso donde se aprecia cómo la sección transversal del canal aumenta en el sentido del flujo. En la Figura 2.32 se observa más en detalle las chicanas que forman la unidad.

En el pasaje entre floculador mecánico e hidráulico se tiene un punto de aplicación de polielectrolito, empleado como ayudante de la floculación.



Figura 2.31: Floculador hidráulico



Figura 2.32: Floculador hidráulico

Evaluando la etapa de floculación en su conjunto, se entiende que la misma presenta un funcionamiento inadecuado. Los parámetros de operación para la floculación de acuerdo a la bibliografía deberían garantizar un tiempo de retención hidráulico de entre 10 y 30 minutos para ambas etapas y un gradiente de entre 10 y 80 s^{-1} que disminuya en el sentido del flujo (*ENOHSA, 2000*).

En cuanto al gradiente de velocidad se tienen dos etapas iniciales de 24 s^{-1} , seguidas de tres etapas de 40, 34 y 19 s^{-1} , por lo que no se cumple con el criterio de reducir (y no aumentar) el gradiente en el sentido del tratamiento.

Por otro lado, respecto del tiempo de floculación, se tienen dos celdas de 9 minutos cada una, seguidas de tres celdas de 5, 6 y 3 minutos, respectivamente. Aún cuando el tiempo de retención global se ubica en un valor de 32 minutos, la última celda presenta un tiempo demasiado bajo.

El impacto que puede tener mantener el agua en la floculación mecánica 18 minutos con un nivel de agitación bajo y después enfrentarla a un nivel de agitación superior en la etapa hidráulica, puede provocar la rotura de flóculos no lográndose los objetivos globales del tratamiento.

■ Sedimentación

Cada tren cuenta con un sedimentador de flujo laminar.

Tabla 2.27: Parámetros de cada sedimentador

Largo - L (m)	9,3
Ancho - B (m)	5,0
Altura - H (m)	4,2
Altura zona sedimentación (m)	1,8
Volumen zona sedimentación (m^3)	109
Tiempo de retención (h)	0,44

Tabla 2.28: Dimensiones de las placas

Largo (m)	1,2
Ángulo de inclinación	60
Área de las placas	57
Tasa de sedimentación (m/h)	4,4

Los valores recomendados por bibliografía para unidades de sedimentación laminar plantean tiempos de retención de entre 15 minutos y 1,5 horas y tasa de sedimentación de entre 5 y 7 m/h (*Arboleda, 2000*), por lo que el tiempo de retención se encuentra dentro de lo recomendado pero la tasa de sedimentación no.

Trabajar con una tasa de sedimentación baja podría amortiguar el problema detectado en la etapa de floculación. En las visitas realizadas se observó que no hay presencia de flóculos en la superficie de la unidad y de acuerdo a lo informado por el personal de la planta la turbiedad a la salida del sedimentador es siempre inferior a 4 NTU, valor esperado para este tipo de unidades.

Una vez al día se realiza la purga de lodos que se genera en el sedimentador.

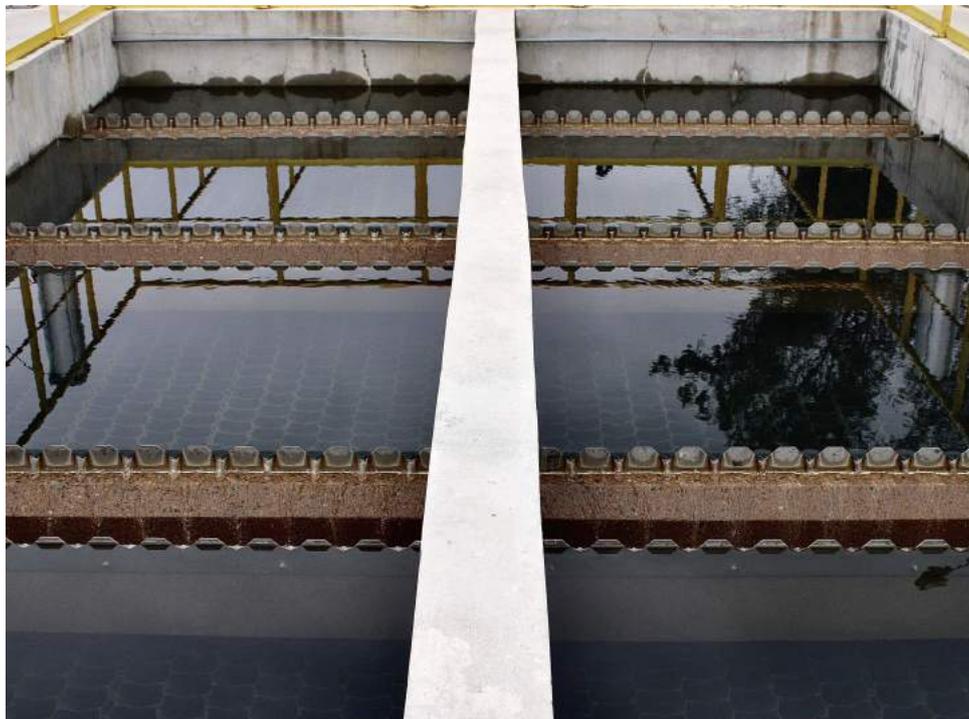


Figura 2.33: Unidad de sedimentación

■ Filtración

La planta cuenta con una batería de 6 filtros rápidos de tasa declinante y lavado mutuo, cada unidad es de lecho mixto de antracita (espesor 50 cm) y arena (espesor 30 cm), sobre un manto soporte de grava (espesor 20 cm), y cuenta con un falso fondo de losetas de hormigón prefabricadas con boquillas difusoras.

Tabla 2.29: Geometría de cada unidad de filtración

Largo (m)	3,9
Ancho (m)	2,0
Profundidad (m)	4,8

La tasa media de filtración actual es de $8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, encontrándose por debajo del rango recomendado por bibliografía (10 a $15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, CEPIS, 2004)

El sistema de lavado se realiza a contracorriente con agua y aire y se acciona por tiempo o turbiedad, no por nivel. La carrera de filtración actual es de 24 hs y el tiempo de lavado es de 5 minutos por filtro.



Figura 2.34: Unidades de filtración



Figura 2.35: Batería de filtros

■ **Filtración CAG**

En la planta se proyectaron y construyeron cuatro filtros de carbón activado a presión. Cada uno cuenta con un manto de 2,0 m de espesor de carbón activado granular.

El agua filtrada en las unidades de arena y antracita tiene la posibilidad de ser desviada hacia los filtros de carbón activado o puede conducirse directamente al depósito de desinfección.

La alimentación a la batería de filtros CAG se realiza mediante un sistema de bombeo que toma el agua desde el canal de agua filtrada. El sistema de lavado se realiza a contra corriente con agua mediante la misma instalación de bombeo, accionando una válvula que permite invertir el sentido de flujo.

Los filtros no se han puesto en funcionamiento hasta la fecha, dado que no han sido necesarios para obtener una calidad de agua adecuada al no haberse registrado eventos de olor y sabor.

La tasa media de filtración actual es de $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, encontrándose dentro del rango recomendado por bibliografía ($10 \text{ a } 15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, CEPIS, 2004).

Tabla 2.30: Dimensiones de la unidad CAG

Diámetro (m)	3,5
Área (m ²)	9,6
Profundidad (m)	3,0



Figura 2.36: Unidades de filtro de carbón activado



Figura 2.37: Unidades de filtro de carbón activado

■ Desinfección

La planta cuenta con dos depósitos independientes que operan en paralelo, lo que permite sacar de funcionamiento uno de ellos para su mantenimiento, dejando el otro en funcionamiento. Cada depósito de agua tratada funciona además como tanque de contacto para la desinfección. Las dimensiones de cada uno son de aproximadamente 12 x 5 m, con una altura útil de 3,3 m y cuenta con un tabiques, lo que genera un factor baffle de 0,3.

Tabla 2.31: Parámetros característicos depósitos de desinfección

Largo de cada recinto (m)	11,85
Ancho de cada recinto (m)	4,95
Altura útil máxima (m)	3,3
Cantidad de recintos	2
Factor de baffle	0,3
Tiempo de retención hidráulico máximo (min)	61
T10 máximo (min)	18

El tiempo de retención hidráulico en el depósito cuando el agua se encuentra en su nivel máximo es de 60 minutos. Considerando el factor baffle de 0,3 se obtiene un valor de T10 de 18 minutos, inferior a los 30 minutos que serían lo recomendable para una dosificación efectiva.

El desinfectante usado es cloro gas, el cual se almacena en una sala específica que cuenta con las medidas de seguridad requeridas. El cloro se dosifica a una corriente de agua, generando así una línea de agua superclorada que se inyecta en la tubería de agua filtrada, aguas arriba del depósito.

Adicionalmente se tiene un punto de intercloración ubicado en la interconexión entre las etapas de sedimentación y filtración, pero hasta el momento no ha sido utilizado.

También se cuenta con un sistema de dosificación de hipoclorito de sodio como respaldo para casos de emergencia.



Figura 2.38: Depósito de agua tratada y tanque de contacto de cloro

■ Sala de bombas

La sala de bombas, comparte el espacio con los grandes equipos electromecánicos. En el edificio ubicado al sur-este de la planta se encuentra el volumen que alberga a las bombas elevadoras (dos unidades centrífugas Mark Peerless Pump modelo 8AE20, funcionando en régimen 1+1, ver Figura 2.39), las bombas de lavado (una unidad en funcionamiento y la segunda stand-by), los dos compresores y un depósito que genera y almacena aire comprimido para todos los accionamientos neumáticos de apertura y cierre de válvulas y compuertas de la planta, y dos soplantes (uno en funcionamiento y el segundo stand-by) que son utilizados para el lavado de los filtros mixtos.



Figura 2.39: Bomba elevadora

■ Tratamiento de Lodos

El tratamiento de lodos consiste en tres etapas sucesivas: tanque ecualizador (pulmón), tanque de espesado y deshidratación mecánica mediante filtro de bandas.

Los lodos provenientes de la purga del sedimentador, con una concentración del orden de 1,2% y del lavado de filtros rápidos, con una concentración de aproximadamente 0,1%, son conducidos al tanque pulmón cuyas dimensiones son de 4,5m de radio y 4m de profundidad. Luego son bombeados al tanque espesador de 3,6 m de altura útil y 4,75 m de radio. Desde allí el lodo espesado, a una concentración aproximada del 4%, se bombea hacia un filtro de bandas para su deshidratación.

En el relevamiento de campo se observó que no cuenta con pasarelas para operar en condiciones adecuadas de seguridad. Según indicaciones del personal en planta, esta fue la razón por la que no se utiliza el sistema. Por otro lado, se cuenta con una plataforma construida para la colocación de geotubos como respaldo a el filtro de bandas, pero aún no se encuentran instalados.

En consecuencia actualmente los lodos generados en la etapa de sedimentación y el agua de lavados de los filtros, son descargados una vez al día a través de una tubería directo a el terreno que cuenta con pendiente hacia el Río Olimar. En la Figura 2.46, se muestra el canal generado posterior a la descarga. La zona de descarga se encuentra dentro del área inundable, por lo que los días de mucha lluvia se intenta retener la mayor cantidad de tiempo posible el lodo dentro del tanque pulmón antes de la descarga.



Figura 2.40: Tanque de espesado



Figura 2.41: Interior de tanque ecualizador

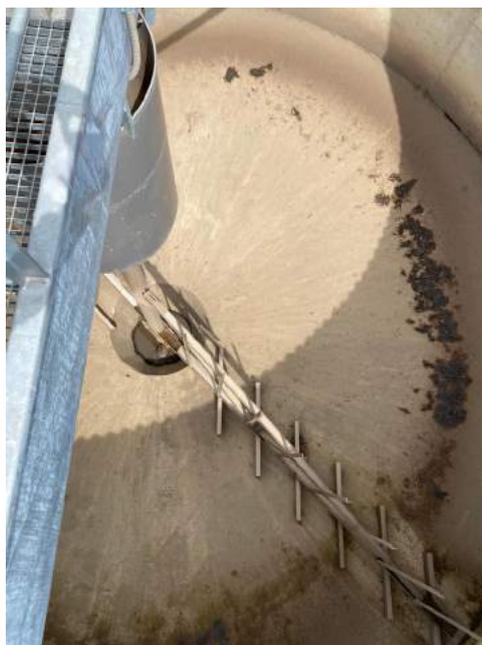


Figura 2.42: Interior tanque de espesado



Figura 2.43: Filtro de bandas



Figura 2.44: A la derecha - Filtro de bandas



Figura 2.45: Descarga de lodos



Figura 2.46: Explanada para geotubos.

■ **Productos químicos**

Se presenta la descripción del manejo de productos químicos en la planta de acuerdo a la información brindada por el personal de operación durante las visitas de campo realizadas.

- Sulfato de Aluminio

En la planta se utiliza sulfato de aluminio líquido como coagulante. El producto comercial se compra a granel y almacena en dos tanques de 12 m³ y uno de 15 m³, localizados al ingreso de la planta.

Para su aplicación en general se recomienda llevarlo a una concentración de entre 1 y 2%. Actualmente en la planta se prepara una solución diluida al 5%, en tanques de 2,5 m³, desde donde se realiza su aplicación mediante dos bombas dosificadoras. Cada bomba tiene un caudal máximo de 1.200 L/h y operan en modalidad 1+1. La dosis actual aplicada se encuentra entre 50 y 60 mg/L.



Figura 2.47: Tanques de sulfato de aluminio

- Carbón activado

Actualmente no se cuenta con stock de carbón activado en polvo para ser aplicado en la tubería de agua bruta previo a la mezcla rápida. En cuanto a los filtros de CAG, cada uno cuenta con su manto de carbón instalado pero no se cuenta con carbón de repuesto.

- Polielectrolito

En la planta se utiliza polímero catiónico como ayudante de la floculación hidráulica. El producto comercial se compra en polvo, en bolsas de 25 Kg que se almacenan apiladas en el galpón de acopio.

La solución de polímero a dosificar se prepara en dos tanques de 1,5 m³, a una concentración 0,06%. La inyección del producto diluido se realiza al ingreso del floculador hidráulico con una dosis de entre 0,1 y 0,2 mg/L mediante dos bombas (una operando y la otra de reserva) con un caudal máximo de 156 L/h.

Se observó en la planta que la dosificación no se hace en forma precisa, dado que se regula mediante una llave (ver Figura 2.48) en forma manual. Además, suele aplicarse solamente durante el turno de mediodía. Esta práctica no es recomendable ya que se debe prestar especial atención a la dosificación, cuidando de no aplicar dosis excesivas dado que podrían ocasionar colmatación en los filtros.



Figura 2.48: Aplicación de polielectrolito

- Cloro gas

En la planta se utiliza cloro gas suministrado en cilindros de 68 Kg los cuales se acopian dentro de la sala de cloración.

El cloro se inyecta en una tubería de agua generando una corriente de agua súper clorada que ingresa a la entrada del canal del depósito de agua filtrada.

La dosis que se aplica es de 2,5 ppm aproximadamente, pero esto se corrige en base a la concentración de cloro residual medida. El valor objetivo de la usina es de 1,5 ppm a la salida de la planta, a fin de asegurar un residual adecuado en todos los puntos de la ciudad.

La planta cuenta con la posibilidad de aplicar cloro previo a la entrada de los filtros como intercloración, aunque actualmente no se está utilizando.



Figura 2.49: Cilindros de cloro gas

- Hipoclorito de Sodio

Se tiene instalado un sistema de aplicación (canilla a la entrada del depósito) de hipoclorito para utilizarlo en caso que sea necesario. No cuenta con sistema de dosificación ya que se usaría únicamente en caso de emergencia. En la planta se cuenta con un stock mínimo de producto.

- Ceniza de soda

En planta se aplica ceniza de soda (carbonato de sodio) para corregir valores de pH y alcalinidad, tanto previo a la coagulación como luego de la desinfección. Se adquiere en polvo y almacena en bolsas de 25 kg acopiadas en el depósito.

La solución se prepara a una concentración de 50 g/l en 2 tanques de 1,5 m³. En la visita se constató que en el galpón de acopios recientemente se habían instalado dos nuevos tanques (de 1,5 m³ cada uno), junto una bomba de trasiego encargada de elevar la preparación hacia la casa química ubicada un piso superior. El producto diluido puede se dosifica mediante dos bombas dosificadoras (caudal máximo 504 L/h) una en operación y la otra de respaldo.

El punto de aplicación en general depende de la estación del año. En invierno se aplica tanto en la entrada como en la salida, en verano casi no se aplica y en las restantes estaciones se aplica únicamente a la salida. La dosis global aplicada se ubica en promedio en 30 mg/L.



Figura 2.50: Acopio de ceniza de soda



Figura 2.51: Bolsa de ceniza de soda



Figura 2.52: Bombas dosificadoras

- Polímero de lodo

En la sala de deshidratación, se encuentran instalados dos depósitos para su preparación, cada uno de $1,5 m^3$, y tres bombas dosificadoras de caudal entre 250 L/h y 2200 L/h. Hasta el momento no se aplica para el tratamiento ni se cuenta con stock.



Figura 2.53: Bombas dosificadoras de polímero de lodo

Laboratorio y puntos de muestro

La planta cuenta con laboratorio propio para realizar análisis fisicoquímicos, mientras que los análisis bacteriológicos e hidrobiológicos son enviados al Laboratorio Regional Este que se encuentra en las inmediaciones de la planta (en el mismo predio) o al Laboratorio Central ubicado en Montevideo.

Las muestras de agua bruta, agua bruta prealcalinizada, coagulada, sedimentada, filtrada y elevada son tomadas cada dos horas durante todo el horario de funcionamiento de la planta. Las muestras de agua individual de cada filtro se toman dos veces al día, en algunos casos se hacen con más regularidad, como cuando se está ajustando el tratamiento por alguna modificación.

Los parámetros que se analizan en el agua bruta son: temperatura, alcalinidad, pH y turbiedad. En función de los resultados se dosifica ceniza de soda para corregir la alcalinidad del agua, y luego se realizan muestras del agua prealcalinizada (midiéndose únicamente alcalinidad y pH).

En el agua coagulada también se analizan alcalinidad y pH. Del agua sedimentada en cada unidad se mide únicamente turbiedad, así como también en el agua filtrada. Del agua elevada se miden pH, alcalinidad, turbiedad y cloro libre.

2.5. Resumen

En base al análisis realizado para el cálculo de la demanda actual y futura, se concluye que la población a abastecer en el año 2050 será de 38.849 habitantes y se requerirá una capacidad de tratamiento de 530 m³/h.

Analizando las características de la cuenca y los datos históricos de calidad del agua bruta en la planta, puede plantearse que no serían esperables eventos frecuentes de presencia de cianobacterias u otras algas. Igualmente, dado que se registraron niveles elevados de fósforo en el río, se recomienda reforzar las etapas específicas para remoción de olor y sabor. De los análisis del agua tratada se desprende que la calidad del agua obtenida en la planta es adecuada para consumo humano, de acuerdo a la norma de referencia. Por lo tanto, se considera que en condiciones normales del curso de agua y de la cuenca, los procesos de tratamiento en la usina de Treinta y Tres son adecuados. Además la planta cuenta con instalaciones para enfrentar eventos de presencia de cianobacterias mediante la dosificación de CAP y la operación de los filtros CAG.

En cuanto al diagnóstico de la operación actual, se recomienda incorporar varias modificaciones. En primer lugar, poner en funcionamiento el vertedero como unidad de mezcla rápida, inyectando el coagulante 0,86 m aguas abajo del mismo. En segundo lugar, regular la velocidad de giro de los floculadores mecánicos para lograr gradientes adecuados y escalonados en el proceso.

En la floculación hidráulica se observa un correcto funcionamiento con parámetros operativos adecuados, por lo que no sería necesario realizar ajustes. En las etapas de sedimentación y filtración las tasas se encuentran por debajo de las recomendadas, por lo que tampoco sería necesario incorporar ajustes.

En el tanque de contacto para la desinfección, el tiempo de retención se encuentra por debajo del recomendado lo que podría estar afectando la efectividad de la misma. La red de distribución de agua potable en la ciudad no cuenta con estaciones de reclusión, por lo que se requiere una concentración elevada de cloro residual en la salida de la planta de 1,5 mg/l, lo que hace que se encuentren altos niveles de cloro en los barrios cercanos a la planta, siendo habitual recibir

quejas por olor y sabor.

La optimización de aplicación de productos químicos es otro aspecto importante a mejorar. El hecho de no realizar ensayos de jarras para lograr ajustar las dosis requeridas de los productos aplicados, afecta directamente el proceso. Se deberían incorporar ensayos para definir las dosis óptimas de coagulante y ayudantes de la floculación. Por otra parte, es importante poner en funcionamiento el sistema de intercloración que ya se encuentra previsto en planta.

Se destaca que la planta es una de las pocas que cuenta con un sistema completo de tratamiento para lodos, pero estas unidades no han sido puestas en funcionamiento descargando los lodos en forma directa por escurrimiento hacia el curso. Se debería poner en operación a la brevedad.

En las siguientes secciones se estudia en detalle la capacidad de cada unidad de la planta, estableciendo las adecuaciones necesarias para satisfacer el nuevo horizonte de abastecimiento. Se evalúan nuevas tecnologías que permitan reforzar el sistema ante eventos de presencia excesiva de algas y otros cambios en la fuente de agua debido a cambios en el uso de suelo, asegurando la calidad y cantidad de la demanda.

3. Verificación y anteproyecto de las adecuaciones para el 2050

3.1. Evaluación de las posibles tecnologías a emplear

A partir de lo concluido en la sección anterior se presentan a continuación las problemáticas más frecuentes y las tecnologías que se utilizan a nivel mundial para poder combatirlas.

3.1.1. Problemáticas a resolver

Los principales problemas que registran las plantas potabilizadoras están orientadas al control y remoción de:

- **Compuestos generadores de olor y sabor:** Los principales compuestos promotores de olor y sabor objetable en agua de consumo, identificados como relevantes en cursos de agua del Uruguay, son Geosmina y MIB. Dichos metabolitos se asocian a olor/sabor a tierra y moho respectivamente, y han sido identificados cuali y cuantitativamente tanto en determinaciones directas, como indirectamente en paneles de olor/sabor.
- **Cianotoxinas:** Algunas algas liberan al agua toxinas intracelulares cuando comienzan a morir. La microcistina y la cilindroespermopsina son los metabolitos con mayor aparición dentro de las cianotoxinas. Estos compuestos son tóxicos para el ser humano cuando se encuentran en altas concentraciones.
- **Materia orgánica precursora de subproductos objetables de la desinfección química:** Los riesgos químicos asociados a la adición del desinfectante están dados por las reacciones con la materia orgánica natural (MON) presente en el agua (llamados precursores), formando lo que se denominan subproductos de la desinfección (SPD). Estos productos pueden afectar la salud de la población a largo plazo. Cuanto mayor es el contenido de MON en el agua bruta, mayor tendencia a la formación de éstos. Es importante destacar que los SPD no son contaminantes naturales de las aguas, por lo cual no se detectan en los cursos de agua. Los SPD más estudiados son los trihalometanos (THMs) y los Ácidos Acéticos Halogenados (HAAs), ya que estos se forman al actuar con el cloro, el cual es el desinfectante utilizado en la planta de Treinta y Tres.
- **Hierro y Manganeso:** Estos minerales están asociados primariamente con factores organolépticos, como color, sabor y olor desagradable.

3.1.2. Tecnologías especializadas

A continuación se presenta una breve descripción de las mejores prácticas actuales para procesos especiales de tratamiento de agua potable.

▪ Métodos Oxidativos

La oxidación es comúnmente utilizada para tratar distintas problemáticas del tratamiento de aguas, logra controlar el desarrollo biológico en las instalaciones, combatir olor, color y sabor, disminuir concentración de contaminantes orgánicos, precipitar metales, ayuda a la coagulación y fomenta la nitrificación del amoníaco. Además le brinda desinfección, en parte, a los sistemas de distribución.

Los oxidantes en una planta de tratamiento pueden ser incorporados en distintos puntos del proceso con distintos objetivos. Pueden ser dosificados en la fuente de agua bruta con el fin de oxidar microbiológicamente y fotoquímicamente los productos orgánicos naturales

de hierro y manganeso que se encuentran. También, ser agregados como preoxidantes, antes de la mezcla rápida, con el objetivo de controlar olor, color y sabor, prevención de crecimiento bacteriano. Además pueden ser incluidos a la sedimentación para oxidar lentamente el manganeso y los productos orgánicos naturales. Antes de los filtros se le puede dosificar para el control del crecimiento biológico y nitrificación del amonio. Y por último, luego de la desinfección previene crecimientos bacterianos o algáceos en los sistemas de distribución y provee un nivel extra de desinfección.

- Ozono

El ozono reacciona con la materia orgánica generando productos altamente biodegradables. Es también capaz de oxidar compuestos inorgánicos como hierro, manganeso y ácido sulfhídrico, inactivar patógenos y formar hidroxilos radicales que reaccionan con compuestos orgánicos complejos como el MIB, Geosmin, pesticidas y otros.

El ozono (O_3) es un gas muy inestable y por lo tanto debe generarse en el momento de su utilización. Se forma a partir de la adición de energía de forma de disociar la molécula de oxígeno y luego los átomos de oxígeno liberados se unen a moléculas de oxígeno para formar el ozono.

Se descompone por reacciones en cadena que puede iniciarse a causa de especies químicas como hidroxilos, compuestos orgánicos naturales y hierro ferroso. En agua bruta, el tiempo de permanencia del ozono depende del pH, la temperatura, niveles de carbono orgánico total y bicarbonatos. El bicarbonato es bastante inactivo lo que hace que no se continúe la reacción en cadena. Por esto es posible mantener durante más tiempo al ozono en aguas con altas concentraciones de bicarbonatos y poca concentración de otros contaminantes.

La ozonización genera subproductos especialmente si se realiza el tratamiento de agua superficial en presencia de compuestos orgánicos naturales. Estos compuestos no tienen demostrados efectos adversos para la salud.

- Permanganato de potasio

El permanganato de potasio ha utilizado para la oxidación de cianuros y fenoles, la remoción de olores y sabores y también para la remoción de color. Cuando los compuestos son difíciles de oxidar no es efectivo para remover olores y sabores y tampoco puede oxidar completamente los precursores que generen los THMs.

Este compuesto aumenta su eficiencia a pH's alcalinos y necesita dosis de entre 1 y 3 mg/l con un tiempo de contacto de por lo menos una hora. Para lograr los tiempos de contacto necesarios, debería agregarse el producto en el conducto de agua bruta.

Al dosificar más de lo necesario, se puede generar un color rosa en el agua. Además el manganeso soluble precipita formando dióxido de manganeso, el cual se presenta de color negro. Este precipitado logra ser controlado en el proceso de sedimentación, por lo que en plantas de tratamiento con filtración directa se puede dificultar su utilización.

El exceso de permanganato se puede remover mediante la aplicación de carbón activado luego de la oxidación. Es común el funcionamiento en conjunto del permanganato de potasio con el carbón activado (en polvo o granular) en plantas de tratamiento de aguas.

- Oxígeno

El oxígeno puede ser utilizado como oxidante en el proceso de tratamiento tanto en la etapa inicial como en intermedias.

Se puede aplicar tanto en forma de aire o mediante oxígeno puro, aunque esta última es más problemática a causa de las instalaciones.

Mediante este proceso se le da al agua un contacto con el aire para aumentar el contenido de oxígeno en el aire, remover compuestos orgánicos volátiles responsables de la generación de olor y sabor y reducir el dióxido de carbono.

Se consigue mejorar las condiciones de sabor y olor y oxidar hierro, manganeso, sulfuro de hidrógeno y en menor medida materia orgánica.

■ **Coagulación Acentuada**

El término “coagulación acentuada”, se refiere al proceso modificado de coagulación con el objetivo de potenciar la remoción de precursores de DBPs durante la potabilización de aguas. La remoción de materia orgánica natural mediante este proceso, que es altamente efectivo para la remoción de COT, tanto con sales de aluminio como con sales de hierro, ha sido demostrado por medio de investigaciones de laboratorio y plantas piloto (EPA, Mayo 1999).

La tecnología se basa en que la remoción por coagulación de la materia orgánica natural del agua es más efectiva a valores de pH sensiblemente inferiores a los requeridos para remoción de turbiedad de origen inorgánico, lo cual generalmente requiere de post-alcalinización permanente para alcanzar los niveles de pH establecidos en las reglamentaciones de calidad de aguas.

Según lo dispuesto por la EPA en su reglamentación «Stage 1 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule (DBPR)», los sistemas públicos de agua potable deben implementar el proceso de coagulación acentuada para remoción de COT si: la fuente de agua es superficial o está bajo influencia directa de agua superficial o el proceso de potabilización es convencional.

Es una alternativa que implica mínimos costos de implantación, eleva los costos operativos por consumo de coagulantes y alcalinizantes, requiere de mayor control del proceso para aquellas fuentes con elevado contenido de COT, en las cuales cualquier otra opción representaría ejecutar inversiones de infraestructura, tales como la preoxidación, biofiltración o adsorción en carbón activado.

El proceso de coagulación acentuada se estudió por la EPA creando un método para implementar sistemas con esta tecnología en plantas de Estados Unidos. Este método consiste en dos pasos para cumplir con una remoción de COT establecida por el EPA.

- Requerimientos para la remoción de COT (Paso 1)

La EPA establece que se requiere de coagulación acentuada para la remoción de COT, de acuerdo al contenido de alcalinidad de la fuente de agua bruta:

Agua bruta COT (mg/l)	Alcalinidad del agua bruta (mg/l CaCO ₃)		
	0-60	60-120	>120
2,0 - 4,0	35 %	25 %	15 %
4,8 - 8,0	45 %	35 %	25 %
>8	50 %	40 %	30 %

Tabla 3.1: Fuente: EPA 815-R-99-012, Mayo 1999

Al ser más eficiente la remoción de MON en aguas con baja alcalinidad y elevados valores de TOC, la reglamentación se torna más exigente según se observa en el cuadro anterior. Si el coagulante es sulfato de aluminio, el pH óptimo para eliminación de NOM se encuentra en el rango de 5,5 a 6,0. En aguas con elevada alcalinidad, la disminución de pH a un nivel en el cual la remoción de COT es óptima es más difícil y no puede ser alcanzada con la adición de coagulante solamente, y generalmente requieren de la adición de ácido.

Si la remoción de COT establecida en la tabla anterior no puede ser cumplida por razones estrictamente técnicas, relacionadas con la susceptibilidad del agua de la fuente a los procesos de coagulación, deben implementarse los requerimientos establecidos en el Paso 2 (EPA, Mayo 1999).

- Requerimientos alternativos de remoción de TOC (Paso 2)

Si no logran alcanzar la remoción de TOC especificada debido a las características de la fuente de agua bruta, presentadas en la tabla anterior, se debe recurrir a ensayos de Jara de acuerdo al procedimiento indicado a continuación, para establecer una remoción de TOC requerida alternativa.

El procedimiento consiste en incrementar coagulante sin adicionar ácido, hasta que se obtengan los valores de pH de la Tabla 1.1. Una vez alcanzados estos valores se debe determinar la remoción de COT (mg/l) en función de la dosis de coagulante aplicada y graficar el valor de remoción respecto a la dosis de coagulante aplicada (mg/l). El valor alternativo a la remoción de COT según el paso 2 es el que corresponde al punto en donde la pendiente de la curva antes mencionada comienza a ser menor a 0,3/10.

Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	pH objetivo
0-60	5,5
60-120	6,3
120-240	7
>240	7,5

Tabla 3.2: Valores de pH de referencia (Fuente: EPA 815-R-99-012, May 1999)

- Criterios alternativos de conformidad

Una planta puede cumplir con los requerimientos de coagulación acentuada para remoción de COT si cumple con cualquiera de los siguientes criterios, y no son necesarios los procedimientos previstos en los pasos 1 y 2:

- El COT de la fuente de agua es menor a 2 mg/L.
- El COT del agua tratada es menor a 2 mg/l.
- La absorbancia ultravioleta específica (SUVA) de la fuente es menor o igual que 2 l/mg - m.

- La SUVA del agua tratada es menor o igual que 2 l/mg - m.
- El COT del agua bruta es menor a 4 mg/l, la alcalinidad mayor a 60 mg/l CaCO₃, los THMs y los HAAs en el agua bruta menor a 40 µg/l y 30µg/l respectivamente. Es más difícil eliminar cantidades apreciables de COT en aguas con mayor alcalinidad y niveles de COT más bajos.
- Los THMs y HAAs menor a 40 µg/l y 30µg/l respectivamente para plantas que solo utilizan cloro como desinfectante.

■ **Adsorción mediante Carbón Activado**

Entre los distintos procesos destinados a remover y/o eliminar los metabolitos generadores de olor y sabor, y/o tóxicos, se encuentra el método de adsorción mediante uso de Carbón Activado. El mismo se utiliza tanto en forma de polvo (PAC) o granular (GAC).

La adsorción por carbón activado, ya sea en forma granular (GAC) o en polvo (PAC), es un método efectivo para la remoción de cianotoxinas disueltas, que es complementaria y puede ser combinada con otras unidades de proceso. Aunque se ha demostrado que existen otros adsorbentes como arcillas modificadas y nanotubos de carbono, las tecnologías basadas en CA brindan una solución comprobada y flexible.

Generalmente son utilizadas las siguientes dos tecnologías basadas en CA: pre-filtración con adición de carbón activado en polvo (PAC) o flujo a través de lechos o tanques presurizados con carbón activado granular (GAC).

Tanto PAC como GAC pueden ser diferenciados de acuerdo a su granulometría. El PAC contiene partículas más pequeñas que pasan a través de la malla US80 (0,177 mm). El GAC es más grande en tamaño, siendo los tamaños más populares para potabilización los correspondientes a las mallas 12 x 40 (0,425 a 1,70 mm) y 8 x 30 (0,60 a 2,36 mm), lo que proporciona un buen balance entre las propiedades hidráulicas y de área superficial.

● Selección de la tecnología Carbón Activado

El criterio principal para la selección del CA es la habilidad para la remoción del contaminante objetivo (orgánicos sintéticos, orgánicos volátiles, NOM, cianotoxinas, etc.) y la capacidad de soportar los ciclos de lavado.

Existen diferentes tipos de precursores y procesos de activación, resultando en un rango variado de propiedades adsorbentes que pueden ser optimizados para la clase específica del compuesto contaminante objetivo. Como tal, el tipo de GAC o PAC que se seleccione para la remoción de los contaminantes típicos en agua potable puede no ser el ideal para el control de cianotoxinas.

Por tanto, es recomendado realizar ensayos de jarras y una correcta evaluación para las condiciones particulares de cada caso. Adicionalmente, el pH del agua y la presencia de sustancias que puedan competir como ser NOM afectan el proceso de adsorción.

● Carbón Activado en Polvo

El CAP es ampliamente utilizado como una forma temporal de tratamiento para contaminantes transitorios como ser cianotoxinas y compuestos de olor y sabor, y es dosificado al principio del proceso de tratamiento en un punto que proporcione suficiente tiempo de contacto previo a la remoción del material particulado (en forma directa al agua bruta antes o durante la coagulación). Requiere mínimos costos

de adición y tiene la flexibilidad de ser aplicado a concentraciones variables según necesidad.

La efectividad del CAP en la remoción de la sustancia problema depende principalmente de variables tales como: tiempo de contacto, naturaleza del CAP, presencia de otros compuestos adsorbibles concurrentes (caso de materia orgánica natural NOM), entre otros. El tiempo del CAP recomendado en plantas potabilizadoras para remoción de metabolitos de olor y sabor se ubica entre 30 a 60 min (Najm y col., 1991).

La mejor manera de comparar distintos tipos de CAP para la remoción de precursores de olor y sabor, consiste en realizar ensayos de jarra en agua bruta para el tiempo de contacto real de la planta, de esta forma la competencia por MON es considerada. Algunas plantas intentan extender el tiempo de contacto mediante la dosificación de CAP en la tubería de entrada a planta.

- Carbón Activado Granular

El CAG es utilizado como un proceso de paso en lechos de flujo para reducir la MON, compuestos de olor y sabor, o compuestos orgánicos sintéticos. Dependiendo de la fuente de agua bruta y de la configuración de la planta, puede servir en forma estricta como adsorbente (típicamente en tanques presurizados) o como filtros/adsorbente (típicamente como filtros abiertos).

Generalmente, y por motivos económicos, se recomienda el pre-tratamiento mediante otros procesos (físicoquímicos y/o oxidativos) para la remoción de DOC, en la medida que el DOC compite por adsorción con los compuestos formadores de olor y sabor, para luego pasar a la etapa de adsorción.

Cuando los compuestos causantes de olor y sabor, alcanzan concentraciones significativas y la aplicación de CAP se da con alta frecuencia, la adsorción mediante GAC se convierte en una alternativa más económica. Fiessinger y Richard (1975) indican que si la dosis promedio de PAC requerida excede los 20 mg/l y su uso es habitual, la filtración GAC debería ser considerada como más apropiada.

La filtración CAG resulta además más eficiente para tratar altas concentraciones de MIB y Geosmina en forma continua. Esta aseveración se potencia ante aguas con contenidos medios a altos de materia orgánica natural (TOC) en virtud de su competencia en la demanda de superficie de adsorción.

- **Filtros Biológicos**

La biofiltración representa una opción diferente a los procesos de remoción físico químicos tradicionales. Los biofiltros son una alternativa interesante a considerar en el uso de tratamiento de agua, esto se debe a que los metabolitos generadores de olor y sabor MIB y GEOSMINA son compuestos biodegradables por lo que las bacterias afines a metabolizar carbono orgánico disuelto son capaces de biodegradar MIB y GEOSMINA.

El tratamiento biológico realizado en los filtros para potabilización de agua, se basa en la capacidad de las bacterias de remover la porción biodegradable de materia orgánica, convirtiéndola en carbono inorgánico y biomasa.

Se realiza dentro de un filtro, promoviendo la actividad biológica en un medio granular, donde se genera la formación de un biofilm en la superficie de este medio, la cual será la encargada de retener las partículas suspendidas y microorganismos patógenos. Los filtros

biológicos pueden cumplir ambas funciones, es decir remover material particulado, tanto orgánico como inorgánico, así como la materia soluble biodegradable.

Dentro de los filtros biológicos, se pueden encontrar dos variantes: los filtros lentos de gravedad y los rápidos de gravedad. Los primeros son usados de forma independiente, mientras que los segundos son utilizados como parte de un tratamiento de potabilización y cuentan con una estructura similar a los filtros rápido convencionales aunque no requieren lavados rutinarios con cloro, de forma de permitir el desarrollo de microorganismos en el interior del manto y generar la degradación biológica, dando lugar a lo que se conoce como filtro biológico activo.

La biofiltración puede efectuarse en medios porosos, como ser el CAG, o en medios granulados como la arena o la antracita, o incluso usar como lecho filtrante capas de distintos materiales.

El carbón activado granular, además de ser usado como mecanismo para la remoción de cloro, turbidez, compuestos orgánicos disueltos, olor y sabor, es una buena alternativa para este tipo de filtros debido a que aporta una superficie con gran capacidad de adsorción, en la cual quedan retenidos metabolitos responsables de generación de olor y sabor.

Debido a que permiten el desarrollo de biomasa dentro del lecho, se llevarán a cabo dos procesos distintos de remoción de contaminantes. En un principio, ocurre la adsorción de los mismos al medio granular. Enseguida después, los microorganismos generan colonias en el medio para posteriormente darse la aclimatación ⁵ de los mismos a los sustratos presentes en el agua afluente. Dicho proceso se divide en dos etapas: la colonización por parte de los microorganismos, o sea, la proliferación y adhesión de los mismos al medio y posteriormente la adaptación de éstos a las concentraciones de contaminantes presentes.

Si bien puede haber suficiente materia orgánica biodegradable que sea capaz de soportar la actividad biológica en el filtro, si se incluye previamente un tratamiento con ozono, preozonización, incrementará la concentración de materia orgánica biodegradable y de esta manera se ve facilitada la biodegradación.

Como todo proceso biológico la temperatura es un factor fundamental, la mayor eficiencia de remoción se da en los meses de verano como consecuencia de las mayores temperaturas las cuales incrementan las cinéticas de biodegradación. Bajas temperaturas han mostrado que afectan negativamente el rendimiento de los biofiltros (AWWA, 2015). Es por esto que en condiciones de bajas temperaturas es recomendable aumentar el tiempo de contacto.

Cuando el agua presenta bajas concentraciones de oxígeno o bien ingresan a los filtros sustancias que reducen el oxígeno disuelto presente, se pueden generar condiciones anaerobias propicias a desarrollar fenómenos de olor y sabor, es por ello que es importante que el crecimiento microbiano de estos filtros se encuentre controlado, manteniendo siempre condiciones aerobias.

Existen diversas consideraciones sobre el filtro y en base a eso se define la configuración del mismo. Para el diseño deberá seleccionarse:

- Medio donde el biofilm se desarrolla (GAC, arena, antracita)

⁵La aclimatación es el período comprendido desde que el filtro se pone en operación hasta que se alcanza la estabilidad de la biomasa

- Métodos de control de biomasa
- Tiempo de contacto
- Tratamiento aguas arriba y aguas abajo
- Método y frecuencia de lavado

Todos estos factores influirán en la efectividad de la biofiltración.

■ Membranas

Las membranas se definen como barreras capaces de separar dos fases, actuando de forma selectiva para el transporte de materia. Permiten el pasaje de agua, iones o moléculas muy pequeñas, reteniendo todos los demás contaminantes presentes. Son tecnologías utilizadas en el tratamiento de agua potable y su uso está siendo cada vez más probado y aceptado a nivel mundial.

Los procesos de separación por membranas no son iguales a la filtración convencional. En general, presentan una fuerza impulsora que permite la separación, esta puede ser presiones elevadas, corrientes eléctricas o funcionando al vacío.

En el control de subproductos de la desinfección las membranas resuelven el problema a través de la remoción de los precursores, especialmente la materia orgánica natural, que puede ser eficientemente removida por estos sistemas, en particular por nanofiltración.

Pueden ser clasificadas según diversas configuraciones, materiales, su funcionamiento hidráulico o el tipo de fuerza que utilizan para separar las fases. Por lo que según las variaciones en todos estos parámetros, se pueden tener membranas con características y utilidades muy distintas.

Las membranas son una tecnología adecuada para reducir el contenido de muchos elementos como pueden ser: el contenido de salinidad, dureza, turbiedad, organismos patógenos, sustancias precursoras de trihalometanos, subproductos de la desinfección, compuestos orgánicos sintéticos, plaguicidas, entre otros.

Existen diferentes tipos de membranas, estas se clasifican en:

- Microfiltración: Remoción de partículas hasta un tamaño de aproximadamente 0,1 m.
- Ultrafiltración: Remoción de partículas hasta un tamaño de aproximadamente 0,01 m, se considera adecuado cuando se busca la clarificación y la desinfección del agua.
- Nanofiltración: Remoción de partículas hasta un tamaño de aproximadamente 0,001 m, el objetivo principal es el ablandamiento o remoción de moléculas orgánicas del agua.
- Osmosis inversa: Es utilizada para tratar agua de mar por lo que tiene como principal objetivo desalinizar el agua con la capacidad de remoción de partículas del orden de 0,0001 m.

Existen aún otras membranas como son la electrodiálisis o diálisis, las cuales retienen los contaminantes a través de una fuerza impulsora que es un potencial eléctrico. Se produce el pasaje selectivo de los iones y de las sustancias de bajo peso molecular a través de la membrana y quedan retenidos los solutos coloidales mayores y de gran peso molecular.

■ Resumen

Anteriormente se han detallado diferentes tipos de tecnologías aplicadas a diversas etapas del tratamiento para la potabilización del agua. Las mismas fueron identificadas por tener la capacidad de solucionar alguno de los desafíos que quedaron planteados en la sección anterior.

En la siguiente tabla se realiza un breve resumen de los conceptos fundamentales analizados sumado a las ventajas y desventajas que presenta cada tecnología estudiada.

Tabla 3.3: Ventajas y desventajas de cada tecnología - Parte 1

Métodos de tratamiento	Problema considerado	Ventajas	Desventajas	Observaciones
Método oxidativo: Ozono	Eventos de sabor y olor	Produce pocos trihalometanos con respecto a otros desinfectantes Es un buen desinfectante Controla eventos de olor y sabor	No tiene efecto residual para ser usado como desinfectante Debe tenerse en cuenta la necesidad de instalar sistemas de remoción de precursores para la formación de THMs, por ejemplo filtros de carbón activado Altos costos en instalación operación y mantenimiento	Tiene grandes ventajas cuando es utilizado en conjunto con biofiltros
Coagulación acentuada	Generación de trihalometanos	Bajos costos de implementación	Eleva los costos de operación respecto a la coagulación convencional	Se debe trabajar a pH bajos y posteriormente adicionar alcalinizante
Carbón activado granular	Eventos de sabor y olor Generación de trihalometanos	Cuando las concentraciones de olor y sabor alcanzan valores significativos, es menos costoso el uso de CAG que CAP	El agua de ingreso a los filtros debe tener ciertas características de calidad para maximizar la eficiencia de los filtros El CAP es menos costoso respecto al CAG en condiciones normales La capacidad de adsorción se agota con el tiempo y los filtros deben ser cambiados	Los procesos de remoción son fenómenos de adsorción y filtración

Tabla 3.4: Ventajas y desventajas de cada tecnología - Parte 2

Métodos de tratamiento	Problema considerado	Ventajas	Desventajas	Observaciones
Biofiltros	Eventos de sabor y olor Generación de trihalometanos	Se utilizan bacterias para remover los compuestos presentes en el agua	Se deben controlar los procesos de precloración Alto costo de implementación Bajas temperaturas afectan el rendimiento de los biofiltros Condiciones aerobias mediante sistema de aireación	Las reacciones de oxidación de las bacterias convierten los contaminantes a inocuos o en compuestos finales menos tóxicos
Membranas	Eventos de sabor y olor Generación de trihalometanos	Efecto de barrera para microorganismos Uso reducido de producto químicos Compacidad del proceso de la planta Automatización sencilla	Elevado costo de inversión Elevado consumo de energía Tazas de flujo pequeñas Difícil mantenimiento de membranas Necesidad de implantación de tratamiento convencional para aumentar su eficiencia Tiempo de vida útil limitado	Barreras capaces de separar dos fases, actuando de forma selectiva para el transporte de materia

3.1.3. Estudio de alternativas

Alternativa 1: Tratamiento convencional + filtro CAG

Dentro de las tecnologías de carbón activado granular, una de las configuraciones posibles es el empleo de filtros de CAG luego del tratamiento convencional, es decir a continuación de las unidades de filtración. Estos filtros tienen como objetivo la remoción de partículas por adsorción.

A continuación se presenta un esquema de un tren de tratamiento con esta configuración:

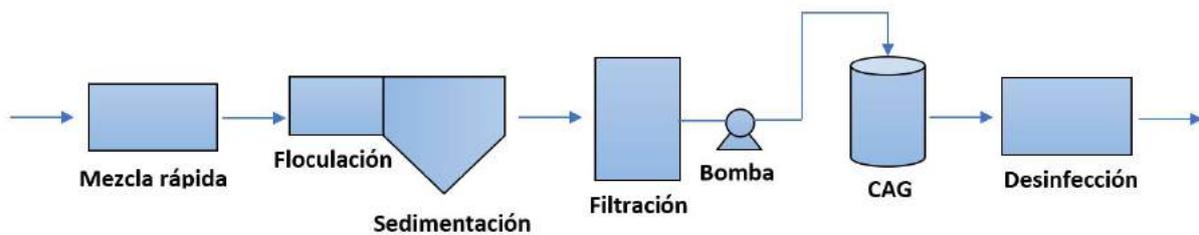


Figura 3.1: Configuración alternativa 1

El tren de tratamiento consiste entonces en un pretratamiento convencional con coagulación acentuada, floculación, sedimentación y filtración seguida de filtros de carbón activado granular. En el pretratamiento se removerán la mayor cantidad de partículas, reduciendo la turbiedad y el color del agua bruta, y complementariamente en los filtros de carbón activado, se removerán compuestos orgánicos disueltos, así como metabolitos de olor y sabor (MIB y GEOSMINA).

Por lo tanto, utilizando previo a las unidades de CAG un pretratamiento convencional es posible reducir de forma significativa la mayor parte de las partículas resultando en una adsorción en CAG posterior más económica (ya que la capacidad de adsorción será más prolongada en el tiempo).

El carbón activado irá agotando su capacidad de adsorción y comenzará actual como filtro biológico, es decir se generan capas de biofilm alrededor de los granos de carbón activado, lo que inhibe la capacidad de adsorción del filtro, predominando la remoción por biodegradación, mecanismo de remoción no buscado en esta alternativa.

Cuando esto sucede el lecho del filtro debe ser reemplazado por carbón activado nuevo en su totalidad. Dado que el proceso consistirá en la renovación del carbón activado en forma periódica, es necesario prever a la planta de caminaria e instalaciones adecuadas para la operación del filtro. Este esquema de tratamiento es muy similar al que presenta la planta en la actualidad.

Alternativa 2: Tratamiento convencional con interoxidación con ozono + biofiltración

Esta alternativa está constituida por unidades convencionales de floculación y sedimentación, previa coagulación acentuada, siguiendo con una etapa de oxidación con ozono, biofiltración en lugar de filtros convencionales y desinfección posterior.

La aplicación del ozono como oxidante va a tener la posibilidad de ser aplicado como preoxidante o interoxidante por lo que serán necesarias dos unidades de contacto, una al principio de la planta (antes de la coagulación) y otra luego de la sedimentación.

Aplicado como preoxidación, tiene como objetivo oxidar compuestos de hierro y manganeso formando precipitados a ser removidos en la sedimentación y filtración. Aplicado como interoxidante, el propósito es oxidar metabolitos generadores de olor y sabor, cianotoxinas y materia orgánica formando compuestos biodegradables que serán aprovechados por el metabolismo de los microorganismos para remover finalmente esa materia orgánica.

Por lo tanto, ante un evento extraordinario de concentraciones de MIB y Geosmin este sistema es capaz de enfrentar el problema ajustando las dosis de ozono a aplicar. Por otro lado, con la unidad de contacto inicial de la planta se podría dosificar CAP de ser necesario debido a algún fallo en el sistema de dosificación de ozono, adsorbiendo los metabolitos de MIB y Geosmin.

Además con el sistema de coagulación acentuada y biofiltración se lograría remover mayor cantidad de materia orgánica que en un tratamiento puramente convencional, lo cual resulta importante para combatir eventuales concentraciones elevadas de THMs.

En caso de que el filtro biológico se realice con manto filtrante de carbón activado granular se tiene una ventaja sobre los otros mantos respecto a la adsorción en los primeros años de vida del filtro. Esto significa que ante un evento de olor y sabor no solo se podría enfrentar en la planta con la oxidación mediante ozono, sino que también se lograría adsorción de metabolitos en el carbón activado. Esto se daría hasta que el biofilm que se adhiere a la superficie granular ocupe toda la superficie del carbón y el filtro esté colmatado, y por lo tanto sea en su totalidad un biofiltro.

Esta alternativa así como se propone no presenta un filtro convencional antes del filtro biológico de forma que este se colmata rápidamente formando la capa de biofilm.

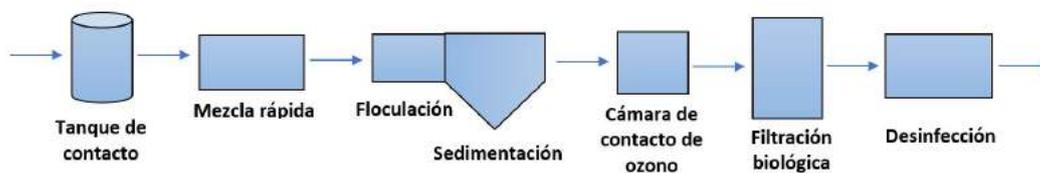


Figura 3.2: Configuración Alternativa 2

Alternativa 3: Tratamiento convencional + nanofiltración

En el siguiente esquema se puede visualizar el tren de tratamiento de la alternativa 3. La gran diferencia con respecto a las otras es la utilización de membranas.

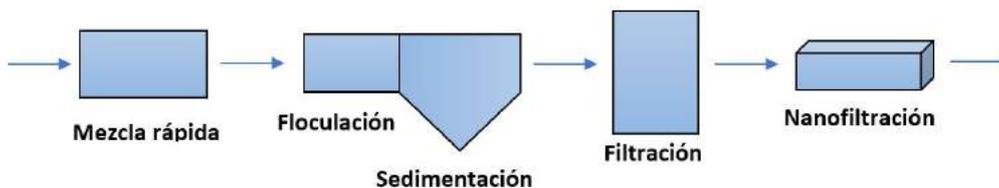


Figura 3.3: Configuración Alternativa 3

El tren de tratamiento comienza con una coagulación acentuada, a través de esta unidad se regulan los rangos de pH en busca de la mayor eficiencia de remoción de materia orgánica, eliminando así gran parte de los precursores de THMs. Para su correcto funcionamiento se deberá adicionar ácido y coagulante.

Posteriormente se tiene la floculación y sedimentación bajo las características de tratamiento convencional, por lo que los objetivos en estas dos etapas son los habituales.

En el capítulo de tecnologías con membranas se plantea la posibilidad de descartar los filtros dado que las membranas por sí solas son capaces de eliminar todos los contaminantes presentes en el agua, pero sería innecesario recargar la membrana de esta forma cuando la planta ya tiene los filtros mixtos instalados. El filtro es utilizado para disminuir considerablemente la turbiedad del agua, de esta manera se evita que las membranas se colmaten rápidamente. Específicamente

el filtro debe ser tal de remover las partículas suficientes como para obtener turbiedades menores a 1 NTU y además retener partículas con ciertos tamaños de 1 micra.

Posterior a la filtración se tiene la nanofiltración. Se selecciona esta membrana dentro de la alternativa dado que asegura la remoción de todos los metabolitos y contaminantes que se tienen como principal objetivo. Específicamente a partir de la utilización de esta membrana, se obtiene la remoción de la materia orgánica aún presente (aquella que no fue removida en las etapas anteriores), agroquímicos y los metabolitos MIB y Geosmin.

Además, dado que la nanofiltración es capaz de remover bacterias, virus y parásitos con gran eficiencia, no es necesario una unidad de desinfección posterior a las membranas. De cualquier manera, para asegurar la inexistencia de microorganismos biológicos en el agua tratada, se debe utilizar la cloración en la red de distribución.

Comparación entre alternativas

Un aspecto básico para la selección de una alternativa cuando se tienen tecnologías innovadoras, es el estudio de las mismas en plantas piloto, sin embargo, es importante aclarar que estos estudios exceden el alcance de este proyecto. Respecto a este aspecto se toma en cuenta los avances que se ha tenido a nivel mundial en términos generales de potabilización del agua.

Dentro de las alternativas planteadas, la tercera presenta grandes desventajas frente a las otras dos. Hoy en día es una tecnología relativamente cara con respecto a las otras, situación agravada debido a que no pueden eliminarse etapas del tratamiento convencional para su utilización. Además, el mantenimiento y la limpieza de las membranas debe ser riguroso para evitar que estas se tapen y disminuya su capacidad de producción de agua potable. Otro de los aspectos negativos es que dado que trabajan a presión, tienen altos consumos de energía que tienen consecuencias directas sobre los costos de operación.

Por otro lado, cabe considerar que a nivel mundial cada vez están siendo más utilizadas y sus grandes ventajas técnicas la hacen una tecnología cada vez más competitiva, por lo que es de esperar que a lo largo de los años aumente su uso. Esto conllevará a una disminución de los costos de implementación y operación, así como un mayor manejo desde el punto de vista técnico en el país. Frente a las desventajas percibidas de la alternativa 3, se decide seleccionar una de las otras dos alternativas.

Entre las alternativas 1 y 2, en cuanto a su funcionamiento, la principal diferencia es que la remoción de partículas con el filtro CAG se da por adsorción, mientras que en el filtro biológico el mecanismo de remoción es la biodegradación. Esto implica que en el primer caso, luego de agotada la capacidad de adsorción el filtro debe ser removido, mientras que en el segundo caso siempre y cuando se mantenga la actividad biológica el filtro seguirá siendo eficiente.

La eficiencia de remoción por adsorción es mayor que la remoción por la actividad biológica. Pero en el segundo caso para aumentar la capacidad de remoción de los filtros biológicos, estos se encuentran precedidos por unidades de contacto con ozono, en estas unidades la materia orgánica es oxidada generando que la misma sea más fácilmente asimilable por los microorganismos.

En el caso de los filtros biológicos, es posible que debido a la presencia inesperada de un tóxico en el agua bruta o a una inadecuada manipulación de productos químicos dentro de la planta, se genere la muerte de los microorganismos. En este caso, los metabolitos de olor y sabor serán oxidados de todas formas por el ozono, pero la materia orgánica oxidada pasará a las redes de distribución. El aumento de materia orgánica en las redes favorecerá el crecimiento de microorganismos dado que será utilizada como alimento, por lo que es probable que se genere una capa de biofilm en las tuberías. Es por esto es que la existencia de purgas, intercloraciones

y la utilización de cloro con efecto residual son claves para evitar la aparición de problemas microbiológicos.

En los filtros CAG se tiene una unidad de filtración previa, por lo que el agua que ingresa tiene menor concentración de partículas con respecto a la biofiltración (la cual no cuenta con una filtración previa). Esto conlleva a que si los filtros biológicos son de un manto filtrante de carbón activado, estos se agotarán más rápido. De todas maneras en ese caso, el carbón activado de los filtros biológicos no debe ser removido una vez agotado, lo cual si ocurre para los filtros CAG. En el caso de los filtros biológicos, únicamente se repondrá material del filtro en caso de pérdidas por lavados o erosión, pero esta reposición es menor con respecto a la reposición en los filtros de CAG.

3.1.4. Selección de alternativa

Si bien existen diferentes combinaciones de dichas tecnologías para solucionar las problemáticas presentadas, como se mostró en la sección anterior, la alternativa seleccionada se centra en adaptar la estructura ya existente para cumplir con la calidad y cantidad del producto agua en el período previsto, con la menor inversión posible y optimizando los recursos disponibles. La planta actual ya cuenta con filtros de carbón activado granular, por lo se readecuará la misma una situación similar a la Alternativa 1. Una vez colmatados los filtros de CAG podría evaluarse la posibilidad de dejarlos operando como filtros biológicos incorporando la unidad de interoxidación con ozono, pero este punto no se desarrollará en este proyecto.

Al tren de tratamiento actual se le incorporará una unidad de contacto para el carbón activado en polvo, aumentando el tiempo de contacto del producto, sumado a una etapa de coagulación acentuada. Continuando con los procesos ya presentes de: floculación (mecánica e hidráulica), sedimentación, batería de filtros de lecho mixto, batería de filtros de carbón activado granular y por último una etapa de desinfección.

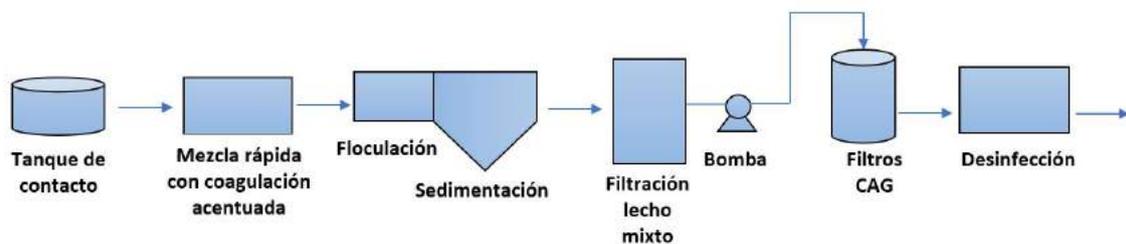


Figura 3.4: Configuración Seleccionada

A través de la coagulación acentuada, se busca regular los rangos de pH resultando en una mayor eficiencia de remoción de materia orgánica, eliminando así gran parte de los precursores de THMs. Para su correcto funcionamiento se deberá adicionar ácido y coagulante.

Como ya se detalló anteriormente, se busca que en el pretratamiento se remuevan la mayor cantidad de partículas, reduciendo la turbiedad y el color del agua bruta, y complementariamente en los filtros de carbón activado, se remuevan compuestos orgánicos disueltos, así como metabolitos de olor y sabor (MIB y GEOSMINA).

Cabe destacar, que si se hubiese hecho un estudio más profundo de la alternativa se tendrían que considerar diferentes aspectos relevantes como son: aspectos técnicos, sociales, ambientales y económicos.

3.2. Adecuación de la planta existente

En esta sección se presenta con detalle la alternativa seleccionada según las consideraciones anteriores. Se analiza cada una de las unidades del tren de tratamiento, verificando su funcionamiento y se diseñan las adecuaciones necesarias para el nuevo horizonte de proyecto.

3.2.1. Tanque de contacto de carbón activado en polvo

Actualmente se cuenta con un punto de inyección de CAP al ingresar a la planta, en la tubería de agua bruta. Se le agregará un tanque de contacto para aumentar el tiempo de retención entre la inyección del carbón activado en polvo y la entrada del agua a los sedimentadores.

La unidad será colocada en el mismo predio de la planta, en el espacio libre que se encuentra a unos 30 m aproximadamente del portón de ingreso trasero, hacia el sur-oeste (ver Plano 05). Se proyecta una derivación de la tubería de agua bruta, previo a la entrada a la unidad de mezcla rápida, que conduzca el agua hacia el tanque. La instalación permitirá seleccionar, mediante la operación de válvulas, el camino que recorrerá el agua en función de los requerimientos necesarios. Se buscará con esta unidad aportar robustez a la planta de tratamiento, mejorando la eficiencia actual.

La unidad se diseña para lograr un tiempo de contacto efectivo de 15 minutos de manera que sumado al tiempo de retención hidráulico de los floculadores se obtenga un tiempo total de 37 minutos antes de ingresar al sedimentador, valor dentro de lo recomendado (mayor a 30 minutos). Se diseña un tanque de sección cilíndrica, con diámetro de 6 m y altura útil de 5 m. Se proyecta construirlo con cilindros de hormigón, apoyado en una losa de hormigón con revestimiento interno, escaleras de acceso tanto internas como externas, y pórtico con pasarela de seguridad para permitir un acceso seguro y una fácil manipulación.

Para evitar que el CAP sedimente, se prevé instalar un agitador de flujo axial y de eje horizontal. Tendrá un diámetro de giro de 1,9 m aproximadamente con paletas curvas y una velocidad nominal de giro de 31 rpm para generar una intensidad de 80 s^{-1} , con una potencia de 17 W (ver Anexo 7).

La salida del tanque de CAP se dará por una tubería de 400 mm de diámetro de fundación dúctil, instalada en el fondo del tanque. El pelo de agua en el tanque será de +39,20 m (+35 m de cota de terreno y 4,2 m de altura), y el pelo de agua en el vertedero de llegada +38,86 m. Siendo las pérdidas de carga entre el tanque y el vertedero de la coagulación de 0,32 m, se verifica que el agua llega al vertedero por diferencia de presiones.

Para el vaciado de la unidad, se prevé una tubería de PVC DN 100 mm ubicada en el fondo del tanque, se verifica que el tiempo de vaciado se encuentre entre los 20 y 60 minutos. Para el caudal de diseño se verifica un tiempo de 45 minutos para el vaciado total de la unidad.

3.2.2. Mezcla rápida

La etapa de coagulación ocupa una posición fundamental en el proceso de tratamiento del agua, llegando a ser considerada junto con la floculación, etapas claves en la eficiencia de la instalación. Esto se debe a que si no se logra obtener un tamaño y consistencia adecuada de flóculos, los mismos no lograrán sedimentar sobrecargando las siguientes etapas.

El coagulante utilizado es sulfato de aluminio, cuya reacción con el agua es muy rápida por lo que se debe lograr una mezcla homogénea en un tiempo muy corto. **Un gradiente de velocidad elevado y un tiempo de retención corto caracterizan el proceso de mezcla**

rápida. Se propone mantener el sistema de resalto hidráulico presente en la planta, ya que verifica los parámetros operativos recomendados para la mezcla rápida.

Tabla 3.5: Mezcla rápida

Parámetro	Vertedero existente	Recomendado
Gradiente (s^{-1})	1.332	>1000
Tiempo de retención (s)	1,8	1 a 5

El punto de aplicación del coagulante será a 1 m de la pared del vertedero. Para poder distribuirlo en este punto, se deberá construir un acceso, por lo que será necesario perforar la losa y colocar un difusor para una distribución homogénea del coagulante. La tubería de distribución será un caño de PVC de DN 1 pulgada, perforada con seis orificios de 0,01 m de diámetro distanciados 0,08 m entre sí.

Se propone incorporar una instancia de coagulación acentuada para mejorar el tratamiento, potenciando la remoción de precursores de SPD. La misma consiste en llevar a cabo la coagulación con valores de pH sensiblemente inferiores (cerca de 6), lo que se logrará con la aplicación de ácido previo a la dosificación del coagulante.

El punto de aplicación del ácido es mediante una descarga puntual en la zona donde se realiza la descarga de la tubería de agua bruta previo al vertedero. De esa forma se logra su dispersión previo a la inyección del coagulante.

Interconexión mezcla rápida - floculación

Luego de la mezcla rápida, el agua continua su pasaje por el canal de coagulación 2 m más, donde el flujo se divide para ingresar a las dos unidades de floculación que trabajan en paralelo. Para permitir la independencia entre ambas unidades se tienen compuertas al ingreso de la floculación. Se verifica que el tiempo de retención hidráulica en el canal es de segundos, lo que asegura que no se formen flóculos en el mismo.

3.2.3. Floculación

En la floculación se busca asegurar una agitación de poca intensidad con gradientes moderados y escalonados en el sentido del flujo.

Se mantendrán los dos tipos de floculadores existentes, mecánicos e hidráulicos, ya que se obtienen gradientes y tiempos de retención adecuados.

Tabla 3.6: Floculación

Parámetro	Floculadores existentes	Recomendado
Gradiente en cada etapa (s^{-1})	Verifican	entre 10 y 80
Tiempo de retención total (min)	22,5	entre 10 y 30

Para lograr un gradiente decreciente, se deberá ajustar la velocidad de giro de los agitadores de los floculadores mecánicos para obtener un gradiente de $80 s^{-1}$ en la primera celda (la velocidad de giro deberá ser de 31 rpm), y un valor de $70 s^{-1}$ en la segunda celda (29 rpm). Por último los gradientes en la floculación hidráulica resultan de 61, 53 y $24 s^{-1}$ en cada etapa respectivamente, lográndose así un gradiente escalonado en todas las etapas.

Para el cálculo del tiempo de vaciado de las unidades de floculación, se cuenta con los diámetros de las tuberías de desagüe de cada unidad. Siendo que el pasaje entre las dos cámaras de floculación mecánica es inferior, se considera un solo punto de vaciado para ambas cámaras. El diámetro de descarga DN 100 mm, se tiene un tiempo de vaciado de aproximadamente 24 min. El vaciado de las unidades de floculación hidráulica se realiza a partir de la toma de dos puntos en el fondo de la unidad, contando esta con una pendiente de fondo mínima del 0,5 % hacia este punto. Para el vaciado completo de la unidad (diámetro de descarga DN 100 mm), se tiene un tiempo de vaciado de aproximadamente 21 min.

Interconexión Floculación - Sedimentación

El pasaje entre celdas de floculación mecánica es una compuerta de 0,6 m de altura y 0,6 m de ancho, y entre la celda de floculación mecánica e hidráulica una compuerta de 0,6 m de altura y 0,75 m de ancho. Se obtiene un gradiente de $12 s^{-1}$ y de $7 s^{-1}$ respectivamente, verificando que no habrá rotura de flóculos entre estos pasajes, dado que no superan los gradientes de las respectivas etapas anteriores.

A la salida de la última etapa de floculación hidráulica, se tiene un canal de 3,5 m de altura y 1,2 m de ancho, para cada tren trabajando en paralelo y el agua ingresa por estos a la zona de entrada de cada sedimentador. Previo al ingreso a cada sedimentador se tiene una compuerta de 1,1 m de ancho y 0,8 m de alto. El gradiente de velocidad en los canales resulta de $0,14 s^{-1}$ y en las compuertas de $2,21 s^{-1}$ por lo que se verifica que no habrá rotura de flóculos en el pasaje de la etapa de floculación a la sedimentación, dado que no se supera el gradiente de velocidad de la última etapa de floculación ($24 s^{-1}$).

3.2.4. Sedimentación

La sedimentación es la primer etapa de remoción de partículas mediante la acción de la gravedad. Se mantendrán las dos unidades de flujo laminar actuales.

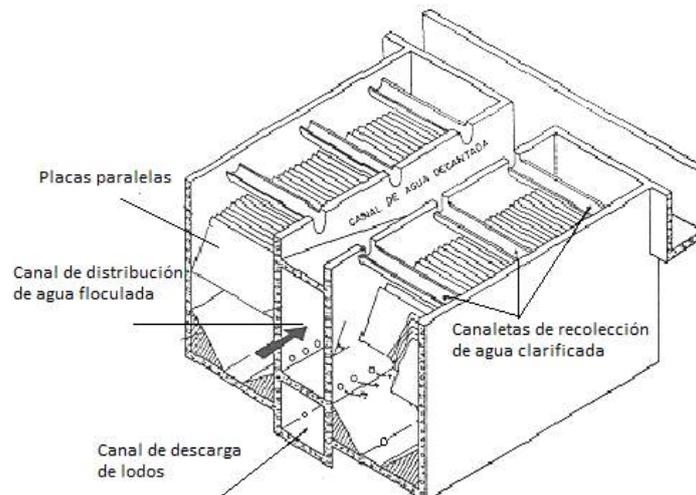


Figura 3.5: Esquema representativo de cada sedimentador

La **zona de entrada** al sedimentador consta de un canal trapezoidal de 9,3 m de largo, altura variable de 0,75 m a 1,75 m y ancho 1,1 m. El mismo tiene 30 orificios con diámetro 0,1 m y separación de 0,3 m entre ellos. Verificando para el caudal de diseño se obtiene una dispersión entre el primer y último orificio menor al 10 %, lo que garantiza una buena distribución en toda

la longitud del sedimentador. Además, se obtiene un gradiente adecuado en los orificios, evitando la rotura de flóculos. Pero se obtiene una velocidad demasiado baja en el ducto lo que hace que los flóculos puedan sedimentar en éste.

Para solucionar este problema se evaluó modificar las dimensiones del ducto, resultando un canal de 0,45 m de altura mayor y 0,15 m de altura menor, manteniendo los orificios, el ancho y el largo. Con esta configuración se verifican todos los parámetros mencionados, pero se descarta la ejecución de la obra ya que para esta adecuación se debería desmantelar todo el sedimentador lo que implicaría elevados costos y dejar fuera de operación por varios días la unidad. Por lo que se propone como alternativa viable, construir una pequeña elevación sobre el piso del canal con pendiente hacia los orificios, que ayude a la evacuación de los flóculos que puedan sedimentar en el interior del mismo, esto sumado a una limpieza frecuente con agua y aire podrían solucionar el inconveniente.

Tabla 3.7: Verificación zona de entrada

Parámetro	Ducto existente	Recomendado
Diferencia de caudal entre primer y último orificio (%)	0,75	<10
Velocidad en el ducto (m/s)	0,02	entre 0,1 y 0,5
Gradiente en orificios (s ⁻¹)	20,3	<24

La **zona de sedimentación** tiene 5,0 m de ancho y 9,3 m de largo, y cuenta con módulos tabulares de 1,20 m de longitud inclinados 60° con respecto a la horizontal. Los parámetros de funcionamiento para el caudal de diseño resultan adecuados por lo que no se requiere realizar ajustes.

Tabla 3.8: Verificación de zona de sedimentación

Parámetro	Sedimentadores existentes	Recomendado
Tasa de sedimentación (m/h)	6,1	entre 5 y 7
Tiempo de retención (min)	19	entre 15 y 90
Velocidad entre placas (cm/min)	8,8	entre 10 y 25
Número de Reynolds	138	< 500
Longitud relativa	22,6	> 20

La **zona de salida** está compuesta por 8 canaletas de 0,25 m de altura y 0,3 m de ancho conectadas al canal de salida. El ingreso del agua a las canaletas se da a través de vertederos triangulares de 0,1 m de base y 0,05 m de altura, con un total de 16 por canaleta. Se verifica que el sistema funciona correctamente para el caudal de diseño y que el tirante dentro de las canaletas se ubica en un 56% de la altura total.

La **zona de lodos** de cada sedimentador está compuesto por 2 tolvas interconectadas a un único canal de recolección. Las mismas tienen paredes inclinadas 60° en relación a la horizontal, ancho de base de 0,60 m, ancho superior de 2,50 m y altura de 1,45 m, desarrollándose en toda la longitud de la unidad (9,30 m). El canal de recolección de los lodos es de sección variable (altura mayor 2,05 m, altura menor 1,15 m, ancho 1,1 m y largo 9,3 m), y cuenta con tuberías de diámetro 75 mm a ambos lados de las paredes del ducto. El volumen total de lodos generados en los sedimentadores es de 44 m³ diarios, que se purgan cada 12 horas con descargas de 22 m³ en cada una. Se verifica que el volumen acumulado de lodos no supera la capacidad del ducto para el período de diseño.

El vaciado de las unidades de sedimentación se realiza a partir de dos puntos de toma ubicados en el fondo de la unidad, uno por cada tolva de acumulación de lodo. Las tolvas cuentan con una pendiente de fondo aproximada del 2,0 % conformada por hormigón de relleno hacia el punto de vaciado. La descarga del vaciado se realiza hacia el canal inferior de desagües/salida de filtrado a desagüe. Para el vaciado completo de la unidad, considerando dos tuberías en simultáneo con un diámetro de descarga DN 100 mm, se tiene un tiempo de vaciado de aproximadamente 34 min.

Interconexión Sedimentación - Filtración

El canal de salida del sedimentador es de altura variable, entre 1,6 m y 2,0 m, largo 9,3 m y ancho 1,1 m. Este canal conduce hacia un segundo canal que reparte el flujo entre las 6 unidades de filtración. El segundo canal es de altura 2,55 m, largo 13,25 m y ancho 1,25 m.

3.2.5. Filtros mixtos

La filtración es el último proceso de clarificación previo a desinfectar el agua, por lo cual resulta primordial garantizar la remoción de la turbiedad remanente. La planta cuenta con una batería de 6 filtros rápidos de tasa declinante y lavado mutuo, con lavado asistido por aire. Estos son de manto doble compuesto por lecho de antracita (espesor 0,5 m) y arena (espesor 0,3 m), sobre un manto soporte de grava (espesor 0,20 m) por encima del fondo de loseta de hormigón prefabricada con boquillas difusoras (100 boquillas por m^2). Por debajo de las boquillas se encuentra el sistema de drenaje que permite la recolección del agua filtrada y una distribución uniforme del agua de lavado.

Cada filtro tiene un área de $7,8 m^2$, con lo que se verifica la tasa de filtración cuando se encuentran todos los filtros operando y cuando solo hay 5 (porque uno se está lavando).

Tabla 3.9: Verificación de la filtración

Parámetro	Filtros existentes	Recomendado
Tasa de filtración con 6 filtros ($m^3/m^2/h$)	11	entre 10 y 15
Tasa de filtración con 5 filtros ($m^3/m^2/h$)	14	

El agua ingresa a los filtros a través de un canal de distribución, pasa por el manto filtrante y se conduce mediante tuberías al canal de interconexión de agua filtrada. Este último tiene incorporado un vertedero de descarga libre y pared delgada, que tiene por objetivo establecer un nivel de agua que permita disponer de la carga necesaria para lavar un filtro utilizando el caudal producido por las restantes unidades. Este vertedero es de cresta variable, con el fin de poder variar la velocidad de lavado de acuerdo con los requerimientos de la planta.

La pérdida de carga en la filtración es la suma de las correspondientes en la compuerta de entrada, el manto filtrante, el sistema de drenaje y la tubería de salida, dando como resultado 0,87 m. El nivel de operación para los filtros limpios se calcula como la cota del vertedero (+36,89 m) más las pérdidas de carga en la filtración, obteniéndose una cota de pelo de agua en los filtros de +37,76 m. Puede definirse la carrera de filtración entre este nivel y el máximo nivel admisible en los filtros, que estaría indicando el comienzo del lavado. Teniendo en cuenta que este nivel máximo no puede sobrepasar el nivel del fondo de la canaleta de sedimentación de +37,95, se considera este nivel como máximo dentro de los filtros. Resulta entonces una carga disponible para la carrera de filtración de 19 cm. Esta carrera de filtración se asumió como adecuada en el marco del proyecto, porque actualmente la planta opera de esta forma sin inconvenientes.

Los filtros deben ser lavados periódicamente para remover el material retenido durante la operación. Esto se realiza cuando suceda alguna de las siguientes situaciones:

- La pérdida de carga alcanzada es igual a la máxima admisible. Es decir, se alcanza el nivel máximo permitido en los filtros.
- La calidad del agua filtrada desmejora, registrándose una turbiedad que supere 0,5 NTU en el agua filtrada y habiendo comprobado previamente que el problema no se encuentra en las unidades previas.
- La carrera de filtración ha llegado al límite de horas previamente establecido (generalmente 48 hs).

El lavado del filtro comprende las siguientes etapas:

- Disminución del nivel de agua en el interior del filtro, cerrando el ingreso de agua y abriendo la válvula de desagüe.
- Inyección de aire durante 3 minutos a una tasa de 15 l/s/m^2 , para lograr un desprendimiento adecuado de las partículas biológicas, así como evitar los recorridos preferenciales del agua de lavado, removiendo la capa de suciedad que se genera en la superficie del manto filtrante
- Lavado con agua a contracorriente durante un período de 5 minutos. Al ser de lavado mutuo el agua de lavado de uno de los filtros es provista por el agua filtrada de los restantes 5 filtros.

Las pérdidas de carga durante el lavado, son la suma de las pérdidas en la tubería de ingreso, el falso fondo con boquillas y el manto filtrante expandido resultando en 1,04 m. Para que sea posible el lavado a contracorriente se calcula que con estas pérdidas de carga se obtiene una cota de vertedero necesaria en el canal de interconexión de filtros de +36,89 m, verificando que es igual a la cota de vertedero actual.

En cuanto a la hidráulica del lavado, deben cumplirse las siguientes condiciones: ⁶

- El porcentaje total de expansión de los mantos filtrantes debe estar comprendida entre el 30 y 50 %, siendo en este caso de 32 %. Además resulta que la altura total del manto expandido es de 1,07 m, verificando que no alcanza la canaleta de lavado ya que se ubica a 1,88 m de distancia.
- El tirante en la canaleta de recolección de agua de lavado, debe ser menor al 75 % de la altura total de la canaleta. En este caso se tiene una altura de canaleta de 0,7 m y un tirante de agua de 0,23 m.

El vaciado de las unidades de filtración y filtrado a desagüe se realiza a partir de una tubería tomando del falso fondo y descargando al canal inferior de desagües/salida de filtrado a desagüe. Para el vaciado completo de la unidad considerando una tubería de descarga DN 80 mm, se tiene un tiempo de vaciado de aproximadamente 22 min.

Interconexión filtros - tanque de contacto cloro

El agua filtrada puede ser conducida directamente hasta el depósito de desinfección mediante una tubería de diámetro 450 mm. O bien desde esta mediante una válvula mariposa se direcciona

⁶CEPIS, Tratamiento de agua para consumo humano. Manual II, Capítulo 5

a dos bombas (bomba centrífuga de eje vertical 1+1, caudal $500 \text{ m}^3/\text{h}$ y una carga de 23 mca) hacia los filtros de carbón activado granular para luego de pasar por estos conducirse por tuberías de 450 mm al depósito de desinfección.

3.2.6. Filtros de carbón activado granular

El sistema de adsorción con carbón activado granular es una etapa de pulido final del proceso, asegurando eliminar cualquier presencia de metabolitos de olor y sabor. El mismo se compone de una batería de cuatro filtros de carbón activado granular a presión, de sección circular de 3,5 m de diámetro y 5,85 m de altura total. Cada unidad está compuesta por un manto filtrante de carbón granular (1,8 m) y manto soporte de arena (13 cm) y grava (7,5 cm), sobre una bandeja perforada con boquillas difusoras (52 unidades/ m^2 , totalizando 520 boquillas por filtro).

Verificando para el caudal de diseño se obtiene una adecuada tasa de filtración pero un tiempo de contacto de lecho vacío (EBCT) inferior al recomendado⁷. Por lo tanto será necesario agregar un filtro para así garantizar el tiempo de contacto requerido para el proceso.

Tabla 3.10: Filtros CAG

Parámetro	Filtros existentes	Recomendado	Batería Ampliada
Tasa de filtración ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$)	13,8	entre 10 y 15	11,0
EBCT (min)	8,4	10	10,5

El nuevo filtro será de iguales características a los existentes y se instalará al final de la batería existente, teniéndose que extender la explanada y tuberías las de conexión.

El sistema cuenta con dos bombas centrífugas de eje vertical, que funcionan en modalidad 1+1 para conducir el agua filtrada a las unidades de CAG durante las condiciones filtrado y lavado. Las bombas toman del canal de interconexión, ubicado entre los filtros mixtos y los filtros de CAG, e impulsan hacia las unidades de tratamiento tanto para la función de filtrado como de lavado a contracorriente.

Los filtros cuentan con un múltiple de entrada de agua/salida de agua de lavado ubicada a 1 m por encima del borde superior del manto. Por éste entra el agua de filtrado en la parte superior atraviesa el manto y sale por la tubería de conducción hacia el tanque de desinfección. El agua de lavado hace el proceso inverso, ingresa por la tubería inferior atraviesa el manto y luego sale por el mismo múltiple ubicado en la parte superior. Durante el lavado la expansión del manto resultan de un 43 %, es decir que se expande 0,82 m, verificándose que no se alcanza el múltiple de salida, por lo que se garantiza que no habrá pérdida de manto de CAG.

Se verifica el funcionamiento para una bomba similar a la instaladas para el nuevo caudal de diseño. Las pérdidas de carga en la filtración resultan de 9,74 m y la pérdida de carga en el lavado de 23 m. Por lo que se verifica que la bomba es capaz de elevar el caudal más crítico. Luego con el variador de frecuencia se verifica que se alcanza el punto de funcionamiento normal en la filtración a una eficiencia razonable.

El vaciado de las unidades de adsorción se realiza a partir de una tubería tomando del falso fondo (derivación de tubería de salida de agua filtrada/entrada de agua de lavado) y descargando hacia la red general de desagües. Para el vaciado completo de la unidad considerando una tubería de descarga DN 80 mm, se tiene un tiempo de vaciado de aproximadamente 15 min.

⁷Riesgos biológicos y subproductos en la desinfección en el agua de bebida, 1986

3.2.7. Desinfección

Para inactivar los agentes patógenos capaces de causar enfermedades de transmisión hídrica, en la planta se aplica cloro como desinfectante. Dado que el agua potable que se produce en la planta luego permanece en la red de distribución cierto tiempo hasta llegar al consumidor, es necesaria cierta concentración de cloro residual que garantice la calidad del agua en todo el recorrido.

Las recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por su sigla en inglés) establece un requerimiento de inactivación de: 4-log para Virus (99,99%) y 3-log para Giardia (99,9%).

Ha de tenerse en cuenta que durante la filtración se da cierta remoción de microorganismos. La SWTR plantea que puede considerarse un 99,68% (2,5 - log) de remoción de Giardia. Por lo tanto mediante el proceso de desinfección se deberá inactivar: 4-log para Virus (99,99%) y 0,5-log para Giardia (68,37%).

La planta cuenta con instalaciones para el acopio y dosificación de cloro gas que se plantean mantener. El cloro gas es almacenado en tanques de 68 kg.

El tanque de contacto de cloro está compuesto por un depósito que fue construido en las viejas unidades de decantación. El mismo consta de dos compartimentos que operan en paralelo. Dichas unidades son de geometría prismática, de un ancho medio de 4,95 m, profundidad media de 3,30 m y longitud de 11,85 m, resultando 192 m³ de volumen. Cada compartimento tiene un tabique longitudinal lo que genera un factor de baffle de 0,3.

El tiempo de retención hidráulico en la unidad depende de la altura de agua dentro del depósito. El caso más desfavorable se da cuando el agua se encuentra en el nivel mínimo. Para dicha condición y considerando el caudal de diseño, el tiempo de retención hidráulico resulta de 18 minutos y el T10 de 5 minutos. Este valor tan bajo requerirá de concentraciones elevadas de cloro residual para poder inactivar los microorganismos. Esto se debe a que para inactivar los microorganismos se requiere cierta relación entre el tiempo de contacto y la concentración de cloro lo que se representa por el parámetro C*T.

Se propone entonces la colocación de tabiques internos en el tanque de contacto para aumentar el factor de baffle y por lo tanto el T10. Con la configuración de tabiques prevista (ver planos 9) se obtiene un factor de baffle de 0,6 resultando que para el tiempo de retención hidráulico de 18 minutos se logra un T10 de 11 minutos. En esta nueva condición la inactivación que requiere mayor concentración de cloro libre residual que es la de Giardia, precisará 1,4 mg/L aproximadamente en las condiciones más críticas de temperatura (9 °C). Para las condiciones de temperaturas medias (18 °C) se requerirá de 0,7 mg/L de cloro residual aproximadamente.

La dosis de cloro aplicar a la entrada será mayor que la cantidad mencionada, dado que el cloro reacciona con otros compuestos oxidables presentes en el agua. La determinación exacta de la dosis de cloro a la entrada del tanque no se puede determinar sin realizar ensayos. La experiencia de los técnicos de OSE indica que la dosis máxima a aplicar mantiene una relación de 3 a 1 con la concentración del cloro residual. Por otro lado, se puede estimar esta relación en base a los datos actuales de consumo de cloro en la planta, donde se tiene que la media anual aplicada al ingreso del tanque de contacto es de 2,4 mg/l, logrando una concentración de cloro residual a la salida de la desinfección de 1,2 a 1,5 mg/l, es decir una relación de 1,85 a 1 considerando la relación más desfavorable para el diseño, resulta una dosis de aplicación máxima de 4,2 mg/l.

La colocación de los nuevos tabiques implica cambiar la posición de las compuertas, asegu-

rando el recorrido completo del agua dentro del tanque. Las compuertas de ingreso se ubican en el canal de distribución de agua filtrada y las compuertas de salida en el canal de succión de las bombas de alta. Es importante destacar que si bien ambos tanques son independientes, trabajando en paralelo, se interconectan mediante un ducto desde el cual succionan las bombas elevadoras, este es el único punto de la planta que encaso que se requiera vaciar por completo implicaría el cese de actividad en la misma.

El vaciado de los depósitos de contacto se realiza a partir de las tuberías existentes de DN 150 mm que cuentan con dos válvulas de fondo descargando hacia la red general de desagües. Para el vaciado completo de cada compartimento del depósito se tiene un tiempo de vaciado de aproximadamente 37 min.

3.2.8. Productos químicos

El tratamiento de agua involucra la aplicación de diversos productos químicos. En esta sección se presentan los productos químicos a utilizar así como también las instalaciones y cantidades requeridas de cada uno.

Se procede a evaluar las instalaciones existentes con el fin de conocer si son suficientes para cubrir la demanda proyectada. Para esto, se determina el stock necesario para cubrir los días de operación que en cada caso se definan, el volumen de los tanques para preparar la dosificación y el consumo. El espacio destinado para el almacenamiento y preparación de los mismos se denomina casa química y los tanques de solución deben contar con el volumen requerido para brindar servicio de manera continua durante 24 hs.

En la planta se cuenta con un edificio para casa química, que cuenta con una zona de almacenamiento y acopio de los productos que se adquieren en polvo o granular en planta baja, y una zona para preparación de soluciones a dosificar ubicada en el primer piso, cuyo acceso se realiza mediante escaleras elevando las bolsas de productos por ascensor.

La zona para preparación de soluciones cuenta con espacio justo para permitir la circulación de personal, siendo imposible agregar nuevas unidades. Como se verá a continuación para el horizonte de proyecto sí será necesario adicionar tanques. A continuación se presentan las instalaciones actuales y, de manera breve, la propuesta para el horizonte de proyecto. Luego se desarrolla en detalle las modificaciones de cada producto. En los planos Nro 16 y Nro 17, se aprecian los cambios mencionados a continuación.

En la actualidad, en el galpón de acopios se cuenta con bolsas de 25 kg destinadas a ceniza de soda y polímero de proceso y además se tienen 3 tanques en el exterior (2 de capacidad 12 m^3 , y uno de 15 m^3) para almacenar sulfato de aluminio. El primer nivel cuenta con tanques de $2,5\text{ m}^3$ para preparar sulfato de aluminio, dos tanques de $1,5\text{ m}^3$ para preparar polímero de proceso, dos tanques de $1,5\text{ m}^3$ para preparar ceniza de soda y dos tanques de $1,5\text{ m}^3$ para preparar carbón activado en polvo, además de las bombas dosificadoras. Adicionalmente, luego de construida la planta, se colocaron en el galpón de acopios 2 nuevos tanques para la preparación de ceniza de soda (de $1,5\text{ m}^3$ de capacidad) con el fin de facilitar las maniobras asociadas al mismo y evitar la preparación del producto en el nivel superior. Además se instaló una bomba de trasiego para trasladar el producto hacia el primer piso.

Las bombas dosificadoras se encuentran en el primer nivel.

En relación al sulfato de aluminio, se propone dosificar el producto puro líquido y realizar la dilución en línea, por lo cual será necesario contar con espacio suficiente para almacenamiento. Teniendo en cuenta que no será necesario prepararlo y que las dosificadoras se encuentran en el primer nivel, resulta suficiente con tener un tanque que reciba el producto en el primer nivel

para luego bombearlo hacia el punto de aplicación. De esta manera, estará sobrando un tanque de $2,5 \text{ m}^3$.

Se propone mantener los tanques de preparación de ceniza de soda que se encuentran en el galpón de acopios y se bombeará hacia el primer nivel donde el producto será recibido por el tanque de sulfato de aluminio sobrante. Entonces, los dos tanques de $1,5 \text{ m}^3$ ubicados en el primer nivel y destinados en la actualidad para ceniza de soda, dejarán de ser necesarios. Uno de ellos se usará para polímero de proceso dado que dicho producto requerirá de más capacidad.

Los tanques existentes y proyectados, que serán necesarios para el carbón activado en polvo, serán instalados en el galpón de acopios facilitando la operación dada la cercanía al punto de aplicación.

Los depósitos para polímero de lodo se mantendrán ubicados en la sala de deshidratación. Se instalará un tanque nuevo en el exterior para ácido sulfúrico.

Sulfato de aluminio

Es el producto más utilizado como coagulante en Uruguay. En la planta se utiliza sulfato de aluminio líquido. Considerando una dosis de sulfato de aluminio de 80 mg/L se obtiene un consumo diario de 933 Kg de producto puro. Dado que el sulfato líquido que se comercializa tiene una pureza de 47% , el consumo de producto comercial será de 1985 kg/d para el caudal de diseño.

En planta se cuenta con un depósito de 15 m^3 y dos de 12 m^3 para almacenar el sulfato líquido. El volumen diario de producto comercial requerido será de $1,5 \text{ m}^3$, por lo tanto se deberá reponer producto con una frecuencia de 26 días como máximo. Dado que dicha frecuencia resulta adecuada y que los tanques se encuentran en buenas condiciones, no será necesario modificar la instalación existente.

La dilución en línea se realizará inyectando agua mediante una tubería de 1 pulgada para llevar la solución una concentración de entre 1 y 5% , previo al punto de aplicación.

Considerando una dosis de 80 mg/L máxima y una concentración del producto puro de 50% , se tiene que el caudal a dosificar será de 85 L/h .

En cuanto a los depósitos de preparación, se tiene que para una densidad de 1310 kg/m^3 el consumo del producto puro es de $0,7 \text{ m}^3$ diarios. Como fue mencionado anteriormente, en planta cuentan con dos depósitos de preparación de $2,5 \text{ m}^3$ cada uno, por lo que se entiende apropiado utilizar solo uno de ellos para recibir el producto y luego bombearlo hacia el punto de aplicación.

Ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico se aplicará previo a la inyección del coagulante para disminuir el valor de pH y lograr el proceso de coagulación acentuada. El punto de aplicación se ubicará a $1,0 \text{ m}$ de la aplicación de sulfato de aluminio para asegurar una adecuada mezcla y dilución.

Considerando una dosis de 20 mg/L , se obtiene un consumo de 233 kg/d para el caudal de diseño. Dado que la concentración del ácido comercial es de 93% y la densidad es de 1830 kg/m^3 , resulta en un volumen de $0,13 \text{ m}^3$ por día para el proceso de coagulación acentuada.

Asumiendo una capacidad de almacenamiento de 30 días, se requerirá un volumen de $3,8 \text{ m}^3$ para acopiar el ácido comercial.

Se resuelve colocar un tanque de acero de capacidad 5 m^3 , ubicado en el exterior del galpón de acopios.⁸ El tanque será ubicado dentro de una cuba de contención de 5 m^3 , construida de hormigón armado y techada.

El ácido sulfúrico se aplica puro desde el tanque para almacenamiento hacia el punto de aplicación. Para la distribución cercana al punto de aplicación, deberá preverse la instalación de un tramo en polietileno para evitar la corrosión generada por el ácido.

El caudal a dosificar será de 11 L/h , a ser conducido mediante una tubería de acero inoxidable, de diámetro $1/2$ pulgada. El equipo de dosificación constará de dos bombas, funcionando en régimen 1+1. Se sugiere el equipo: 'Dosificadora Seko Italiana - Tekna Evo Analógica'. (Ver Anexo 9)

Polímero de proceso

El polímero de proceso se aplica con el fin de facilitar la aglomeración de las partículas durante la etapa de floculación. En la actualidad, su punto de inyección se localiza al ingreso de la floculación hidráulica. Se establece como modificación la aplicación del mismo previo al ingreso de la primera etapa de floculación mecánica.

Considerando una dosis de polielectrolito de $0,3 \text{ mg/L}$ se obtiene un consumo diario de $3,5 \text{ kg}$ para el caudal de diseño. Dado que la concentración de preparación es de $1,0 \text{ g/L}$, el caudal a dosificar será de 159 L/h , que resulta en un volumen diario necesario de $3,5 \text{ m}^3$. Además, el stock necesario para 30 días es de 105 kg , lo cual totaliza 4 bolsas de 25 kg .

En planta se cuenta con dos depósitos de preparación de $1,5 \text{ m}^3$ cada uno. Por lo cual se requerirá la instalación de un depósito adicional de igual dimensión que los existentes. Los mismos deberán contar con agitador mecánico de eje vertical y flujo axial, con paletas planas inclinadas.

Las bombas dosificadoras instaladas, funcionan en régimen 1+1, conduciendo el producto a través de una tubería de 1 pulgada de diámetro, y puede erogar un caudal máximo de 156 L/h , por lo que no resulta adecuado para el requerimiento definido. Se requerirá la instalación de un nuevo equipo, que funcionará también en régimen 1+1, conduciendo el producto a través de una tubería de 1 pulgada de diámetro. Se propone el equipo 'Dosificadora Seko Italiana - PS1D064B' (ver Anexo 10)

Ceniza de soda

La ceniza de soda se aplica para corregir valores de pH y alcalinidad y puede ser utilizada tanto para la pre-alcalinización como para la post-alcalinización. Para el caso de la planta en estudio, es de relevancia llevar a cabo la post-alcalinización, debido a que se realizará coagulación acentuada que disminuirá el valor de pH. Por otro lado, aunque en su funcionamiento habitual no será necesaria una etapa de pre-alcalinización, se deja previsto el punto de aplicación de ceniza de soda ubicado actualmente al ingreso de la planta y las bombas dosificadoras existentes, para hacer uso de la instalación en el caso de requerirse.

Considerando una dosis de ceniza de soda de 20 mg/L se obtiene un consumo diario de $233,2 \text{ Kg}$ para el caudal de diseño. Dado que la concentración de preparación es de 5% , el caudal a dosificar será de 212 L/h , que resulta en un volumen diario necesario de $4,7 \text{ m}^3$. Además, el stock necesario para 20 días es de 4664 kg , lo cual totaliza 187 bolsas de 25 kg .

⁸De coordenadas $33 \text{ } 14 \text{ ' } 10.41 \text{ S}$; $54 \text{ } 24 \text{ ' } 06.36 \text{ O}$

En planta se cuenta con dos depósitos de preparación de $1,5 m^3$ cada uno. Por lo cual se requerirá la instalación de un depósito adicional de $2,5 m^3$. Se propone la utilización del depósito sobrante de sulfato de aluminio.

Las bombas dosificadoras instaladas, funcionan en régimen 1+1, conduciendo el producto a través de una tubería de 1 pulgada de diámetro, y puede erogar un caudal máximo de 504 L/h, por lo que resulta adecuada para el requerimiento definido.

Cloro

En la planta se utiliza cloro gas para la desinfección, suministrado en cilindros de acero de 68 kg que trabajan en posición vertical. El cloro es inyectado previo al ingreso del depósito de agua clarificada y en la interconexión entre la etapa de sedimentación y filtración, a modo de intercloración.

En la zona de almacenamiento se cuenta con medidor ambiental para detectar fugas a tiempo, junto a señales lumínicas y sonora de alarma, ventilación forzada generada por un extractor de aire, kit de seguridad para sellar los cilindros y equipo autónomo para acceder a la zona con respirador.

En relación al sistema de cloración, interesa conocer la cantidad de cilindros que estarán en operación, para luego establecer cuántos serán parte de la reserva y cada cuánto se suministrarán cilindros a la planta, así como también determinar la capacidad de los cloradores (que estará asociada al consumo horario).

En cuanto a las instalaciones, se cuenta con las salas independientes enumeradas a continuación:

- Sala de almacenamiento:

Destinada para los cilindros en reserva y vacíos.

- Sala de servicio:

Compuesta por los cilindros conectados y de reserva, sistema de extracción de gas cloro junto al switch over (para habilitar automáticamente la toma al cilindro que se encuentra en espera, cerrando el pasaje hacia los vacíos) y válvula reguladora de vacío. A su vez, se cuenta con balanzas para el control de la cantidad de cloro disponible.

- Sala de cloradores:

Se tienen dos cloradores de capacidad 2 kg/h cada uno.

Considerando una dosis máxima de 4,5 mg/L para asegurar una correcta inactivación de patógenos y de 0,3 mg/L para la intercloración, el consumo será de 56 kg/día para el caudal de diseño.

Teniendo en cuenta que de cada cilindro puede extraerse 18 kg/día (Arboleda, 2000), se tiene que será necesario contar con un total de 3 operando en simultáneo. Adicionalmente, se deberán tener 3 cilindros vacíos en reserva lo cual permitirá reponer los que se vacíen. El suministro de cilindros a la planta se realizará mediante camiones que se encargarán del traslado con frecuencia mensual, suministrando un total de 25 cilindros.

Considerando la dosis total de 4,8 mg/l y el caudal de diseño, se determina una capacidad de 2,5 kg/h, por lo cual las instalaciones en sala de cloradores resultan suficientes.

Carbón activado en polvo

Se deberá contar con carbón activado en polvo para ser utilizado en caso de eventos extraordinarios de olor y sabor. El carbón activado seleccionado deberá asegurar la remoción de MIB y Geosmin. Se propone ‘Megapol E’, cuyo catálogo se presenta en Anexo 11. El mismo es de origen vegetal (carbón de madera) y se adquiere en bolsas de 20 kg.

Considerando una dosis de carbón activado en polvo de 80 mg/L se obtiene un consumo diario de 932,7 Kg para el caudal de diseño. Dado que la concentración de preparación es de 50 g/L, el caudal a dosificar será de 848 L/h, que resulta en un volumen diario necesario de 18,7 m^3 . Además, el stock necesario considerando una duración de 5 días del posible evento es de 4664 kg, lo cual totaliza 233 bolsas de 20 kg.

En planta se cuenta con dos depósitos de preparación de 1,5 m^3 cada uno, por lo cual se requerirá la instalación de un depósito adicional de 5,0 m^3 de fibra de vidrio. El mismo deberá contar con agitador mecánico de eje vertical y flujo axial, con paletas planas inclinadas.

Las bombas dosificadoras instaladas funcionan en régimen 1+1 conduciendo el producto a través de una tubería de 1 pulgada de diámetro, y puede erogar un caudal máximo de 1200 L/h, por lo que resulta adecuada para el requerimiento definido.

Polímero de lodo

El polímero de lodo se aplica como ayudante para los procesos de espesado (con polímero aniónico) y deshidratación (con polímero catiónico). En relación al espesado, considerando una dosis de polímero de lodo de 2,5 kgSS/ton se obtiene un consumo diario de 1,8 Kg para el caudal de diseño. Dado que la concentración de preparación es de 0,5 %, el caudal a dosificar será de 130 L/h, que resulta en un volumen diario necesario de 0,36 m^3 . Además, el stock necesario para 30 días es de 54 kg, lo cual totaliza 2 bolsas de 25 kg. Para la deshidratación, considerando una dosis de polímero de lodo de 5 kgSS/ton se obtiene un consumo diario de 3,6 Kg para el caudal de diseño. Dado que la concentración de preparación es de 0,5 %, el caudal a dosificar será de 261 L/h, que resulta en un volumen diario necesario de 0,7 m^3 . Además, el stock necesario para 30 días es de 108 kg, lo cual totaliza 4 bolsas de 25 kg.

En planta se cuenta con dos depósitos de preparación de 1,5 m^3 cada uno, suficiente para satisfacer la demanda requerida. Cada depósito deberá contar con agitador mecánico de eje vertical y flujo axial, con paletas planas inclinadas.

Se tienen tres bombas dosificadoras instaladas de las cuales dos corresponden a cada uno de los tratamientos y la restante es de reserva. Pueden erogar un caudal máximo de 2200 L/h, por lo que resultan adecuadas para el requerimiento definido.

3.2.9. Estaciones de bombeo de baja y alta

Las estaciones de bombeo comprenden las instalaciones destinadas a la elevación de agua bruta (estación de bombeo de baja) y de agua tratada (estación de bombeo de alta).

Estación de bombeo de baja

Como fue mencionado en capítulos anteriores, la obra de toma ubicada en el río Olimar cuenta con: reja de limpieza manual, canal desarenador, pozo de bombeo con 2 bombas sumergibles instaladas en régimen 1+1 marca Flygt 2250 serie 2000 y dos tuberías de impulsión hacia la planta de las que opera solamente una, estando la segunda como respaldo.

El canal desarenador se adentra al río 14,45 m desde la costa, tiene una profundidad de 1,7 metros y un ancho de 1,2 metros. El mismo cuenta con una reja a la entrada y descarga al pozo de bombeo de 4,35 m de largo, 4.20 m de ancho y 10 m de profundidad. De acuerdo a la información brindada por el personal de OSE, el nivel en el pozo varía de acuerdo a los niveles registrados en el río, variando entre una cota mínima de +18,30 m y una máxima de +23,10 m.

La tubería de impulsión que se encuentra operando, fue habilitada junto con la planta en el año 2019, es de PVC DN 315 mm. Conduce el agua desde el pozo de bombeo hasta el portón de ingreso a la planta, en este punto se conecta a otra tubería de FD DN 400 mm hacia el nuevo tanque de contacto para el CAP.

Aún cuando se cuenta con información parcial sobre la obra de toma y las líneas aductoras, se estiman las pérdidas de carga a lo largo de la instalación para construir la curva del sistema y evaluar el funcionamiento de las bombas existentes para el nuevo caudal de funcionamiento.

En base a esta estimación, la carga máxima a elevar por la bomba será de 27 m para el caudal de diseño proyectado al 2050. Como se observa en la Figura 3.6, la bomba instalada actualmente no es adecuada para el caudal requerido, cuando el nivel del río se encuentra en su cota más baja la bomba tiene la capacidad de elevar el caudal hasta 23 m siendo inferior al requerido.

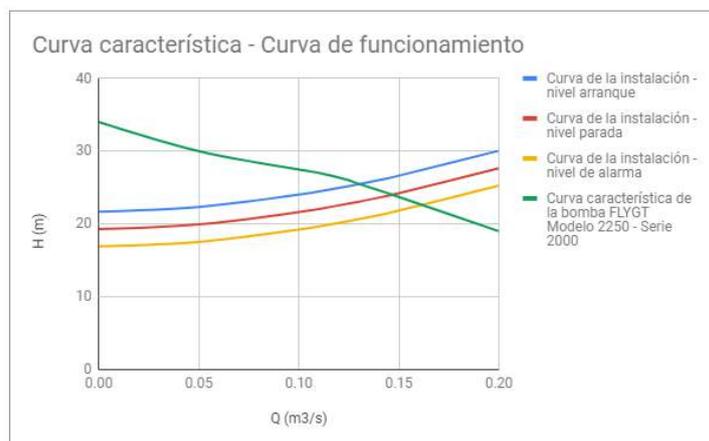


Figura 3.6: Curvas bomba existente

Es por esta razón que se propone sustituirlas por una electrobomba sumergible marca C FLYGT modelo NP - 3231/605 (Curva característica Figura 3.7)(ver Anexo 8) que será colocada en el mismo régimen 1+1, junto a un variador de frecuencia que le permita regular la velocidad para adaptarse a los requerimientos de caudal y niveles en el río. La bomba trabajará a una velocidad nominal de 980 rpm, con una eficiencia del 82 % y una frecuencia entre 45 y 50 Hz dependiente del caudal y carga a elevar. La potencia consumida se encuentra dentro del rango de los 47,3 y 34,8 KW.

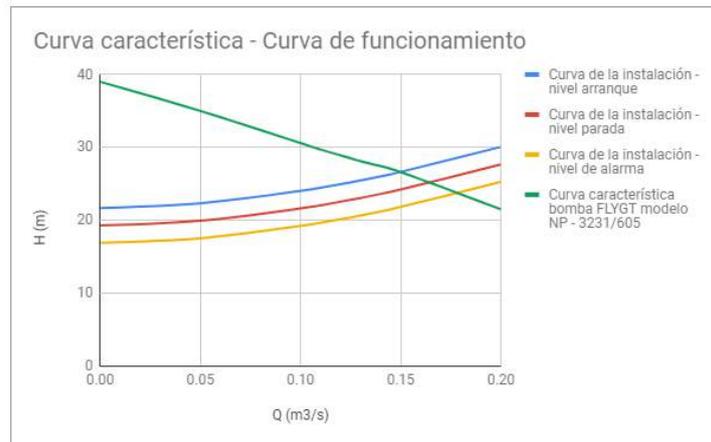


Figura 3.7: Curvas bomba nueva

Para evitar que la bomba cavite se debe verificar que para el punto de funcionamiento de la misma cumpla:

$$NPSH_{disp} \geq NPSH_{req}$$

El $NPSH_{disp}$ depende únicamente de las características de la instalación y el caudal de bombeo, el $NPSH_{req}$ es dato brindado por el fabricante de la bomba. Para el equipo seleccionado se cumple que la misma no cavita.

Se verifican las dimensiones del pozo de bombeo para asegurar la correcta colocación de los nuevos equipos. La capacidad del pozo de bombeo debe ser establecida de manera de asegurar regularidad en el funcionamiento de las bombas. Es por esto que se recomienda dejar como mínimo $1.5D$ de distancia del eje de la bomba de las paredes del pozo y $2.75D$ entre los ejes de las bombas, siendo D la longitud mayor que ocupa la bomba (expresado en metros).

Según datos brindado por el fabricante, el valor de D es igual a $0,71$ m. Se concluye que el pozo tiene las dimensiones suficientes para la instalación de los equipos.

Estación de bombeo de alta

El agua tratada se bombea a través de tuberías aductoras hacia tres tanques, desde donde se alimenta la red de distribución.

El sistema de bombeo consta de dos bombas Mark Peerless Pump modelo 8AE20, en régimen 1+1. Se adjunta la curva de funcionamiento. El caudal a bombear para el horizonte del 2050 es de $498 \text{ m}^3/\text{h}$. Según la curva de la bomba, la carga que puede elevar para dicho caudal es de aproximadamente 75 m, con una eficiencia de 77% .

La impulsión se realiza a través de una tubería inicial de hierro fundido DN 400 mm, desde la cual se derivan otras dos tuberías: una de hierro fundido DN 250 mm y otra de DN 315 mm que llevan a los tanques de reserva de la ciudad (información brindada por personal de la planta).

La pérdida de carga total estimada es de $79,8$ m. Dado que supera a la carga que puede elevar la bomba para el caudal requerido, se concluye que el sistema será insuficiente para el horizonte de proyecto.

En estas condiciones resulta necesario evaluar la alternativa de cambiar las bombas elevadoras o las aductoras. No debe perderse de vista la antigüedad de las tuberías, según información brindada por el personal de la planta tienen más de 30 años de funcionamiento, y que una de

ellas es de fibrocemento, material que ya no se utiliza, por lo que deberán considerarse ambos aspectos a la hora de calcular los ajustes al sistema de alta. El estudio sobre estos cambios no se incluyó dentro del alcance de este proyecto.

3.2.10. Planta de tratamiento de lodos

Los lodos considerados proceden del agua de lavado de filtros y los lodos purgados del sedimentador. La primera etapa consiste en un espesado para reducir el volumen que llega a la etapa de deshidratación final. El lodo deshidratado se prevé enviar a disposición final, mientras que los efluentes líquidos se sumarán al desagüe general de la planta que descarga al río Olimar.

A efectos de caracterizar los lodos, se adoptó para los cálculos una concentración de 0,1 % para el efluente del lavado de filtros y de 1,2 % para la purga diaria de los sedimentadores.

Para el agua de lavado de filtros se consideró únicamente las unidades de lecho mixto, ya que en el caso de los filtros de carbón granular la concentración de sólidos es mínima por lo que descargará en la línea de desagüe general. El volumen diario que se genera en el lavado de los filtros es de 187 m³, con masa de sólidos secos de 188 kg. Este caudal no es constante en el tiempo, sino que se tienen pulsos regularmente espaciados de 31,2 m³ cada uno.

En la sedimentación, cada una de las unidades genera un volumen diario de lodos de 22 m³ y una masa de sólidos secos de 530 kg. La purga también se realiza por pulsos, que son conducidos por medio de tubos ubicados en el fondo de las tolvas hacia el ducto de lodos. El ducto se encuentra conectado a una válvula Pinch DN 300 mm para realizar la maniobra de extracción hacia a una tubería común de DN 400 mm que descarga en una cámara vertedero. La válvula puede regular su apertura, y de acuerdo a la informado por el personal de la planta las purgas se realizan abriendo un 30 % esta válvula, de lo que se obtiene el caudal instantáneo de lodos por sedimentador de 0,285 m³/s.

La cámara vertedero que recibe la descarga de los sedimentadores recibe también el agua de lavado de filtros. Luego de unirse ambas corrientes van por gravedad hasta una segunda cámara y desde ahí al tanque pulmón.

El **tanque pulmón de lodos** tiene un volumen útil de 250 m³ (circular de 9,5 de diámetro y 3,6 m de altura), suficiente para recibir el volumen diario que se genera de 231 m³. Se cuenta con dos bombas, que operan en modalidad 1+1 para impulsar los lodos desde el tanque pulmón hacia el espesador. El caudal de bombeo es de 26 m³/h, por lo que se estima una operación de 9 horas diarias para la condición al 2050.

El **espesador de gravedad** consiste en un tanque circular que cuenta con barredores de fondo que rotan lentamente y una tolva central para los lodos. El flujo ingresa por el centro del tanque y se distribuye radialmente. El sobrenadante sale de la unidad a través de vertederos triangulares hacia una canaleta perimetral. Se verifica que con el caudal de proyecto estas canaletas no desborden, resultando un tirante de 5 cm para las canaletas de 0,25 m de altura.

La tasa de aplicación superficial resulta de 3,1 m/d y la carga de sólidos de 37 kgSST/m²/d, por lo que verifica las recomendaciones para este tipo de unidades (tasa entre entre 4,1 y 8,2 m/d y carga de sólidos 25 y 50 kg SST/m²/d). Se concluye entonces que no se requiere realizar modificaciones al tanque espesador.

El lodo espesado con una concentración del orden del 4 % se bombea hacia el filtro de bandas para realizar su deshidratación. El proceso de deshidratación tiene como objetivo reducir el volumen de lodos de forma de poder realizar su traslado en camión hasta su disposición final en relleno sanitario. Para que la deshidratación sea efectiva se dosifica polímero aniónico, a razón

de 6 kg por tonelada de sólidos secos.

El **conjunto de deshidratación** instalado tiene una capacidad máxima de $8\text{m}^3/\text{h}$ y de $120\text{ kg de sol sec/h}$. Considerando que la masa de lodos se mantiene constante durante todo el tratamiento (717 kg SS/d) y que el caudal de ingreso es $17,9\text{ m}^3/\text{d}$, dada la limitante respecto a la carga de sólidos que admite el proceso, se llega a que se deberá operar 6 horas diarias el sistema para tratar toda la masa de lodo espesado. El caudal de deshidratación resulta de $3\text{ m}^3/\text{h}$.

Considerando una concentración estimada de lodo deshidratado de un 20%, el volumen resultante será de $3,6\text{ m}^3/\text{d}$ de lodo a ser enviado a disposición final.

Cuando se requiera mantenimiento del filtro, o por alguna razón no pueda emplearse, se cuenta con un sistema de respaldo para la deshidratación de los lodos a través de geotubos instalados en la planta. La verificación de las dimensiones de la explanada no es parte del alcance de este proyecto.

3.3. Costos

Dado el alcance del proyecto se realiza un estudio estimativo de los costos de las modificaciones de la planta resultando en una inversión de USD 948.147 IVA y LLSS incluidos (ver detalles en Anexo 2).

3.4. Resumen

En el desarrollo de este documento se presentaron los cálculos y las verificaciones que aseguran que la planta construida y sus modificaciones son capaces de abastecer en calidad y cantidad a la población hasta el año 2050.

El estudio realizado sobre la calidad del agua bruta que ingresa a la planta permite afirmar que a mediano plazo no es de esperarse grandes alteraciones en la calidad del curso que afecten el proceso de potabilización, considerando que se mantengan relativamente iguales los actuales usos de la cuenca. Asimismo, la planta dispone de instalaciones capaces de tratar posibles eventos de olor y sabor.

Dentro de las adecuaciones propuestas, se incluye la construcción de un tanque para aumentar el tiempo de contacto del carbón activado en polvo y proporcionar una mezcla adecuada, de manera de optimizar la efectividad del proceso.

También se proponen algunos ajustes en el proceso de coagulación. Por un lado, incorporar el proceso de coagulación acentuada para potenciar la remoción de precursores de la desinfección y la remoción de materia orgánica. Por otro lado, modificar el punto de aplicación del coagulante para mejorar el proceso de mezcla rápida.

Es importante solucionar el problema operativo en la etapa de floculación. Si bien la planta en la actualidad trabaja holgada, permitiendo amortiguar el efecto de una inadecuada floculación en las etapas siguientes, para el horizonte de proyecto la situación será diferente siendo entonces necesario asegurar una correcta formación de los flóculos, para lo cual se propone regular la velocidad de giro de los agitadores mecánicos para lograr una secuencia decreciente de gradientes a lo largo del proceso.

La medida propuesta para solucionar la posible sedimentación en el ducto de distribución de agua floculada requerirá control y una adecuada frecuencia de limpieza.

En cuanto a la filtración mixta no se prevé cambios en el proceso. Para la filtración mediante la adsorción de carbón activado granular se proyecta la incorporación de un nuevo módulo que permita tratar todo el caudal de diseño. No se requiere la instalación inmediata de esta unidad, sino que puede posponerse hasta completar el horizonte de diseño de la planta actual, cuando se supere el caudal de $450 \text{ m}^3/\text{h}$.

Los cambios propuestos en la unidad de desinfección apuntan a aumentar el T10 necesario para asegurar la correcta inactivación de los microorganismos. Es importante destacar que si bien ambos tanques son independientes, trabajando en paralelo, se interconectan mediante un ducto desde el cual succionan las bombas elevadoras, este es el único punto de la planta que en caso que se requiera vaciar por completo implicaría el cese de actividad en la misma.

Parte de la optimización en la operación de la planta, implica una adecuada aplicación de productos químicos. El incremento del caudal de proyecto genera inevitablemente un aumento en el consumo de los mismos lo cual a su vez conlleva a evaluar las cantidades a almacenar, así como también la capacidad de las unidades necesarias para su preparación y dosificación. Debido a esto se adicionaron nuevas unidades y bombas dosificadoras, según lo requerido por cada producto.

Si bien se realizó una primera aproximación sobre las capacidades de bombeo, tanto en la estación de baja como de alta, se recomienda realizar un estudio detallado sobre las aductoras existentes pudiendo determinar de forma correcta las cargas necesarias a elevar por las bombas y poder determinar si es necesario o no realizar el remplazo.

La puesta en marcha de la planta de tratamiento de lodos tendrá un impacto ambiental favorable inmediato en el río Olimar. Los 85.000 m^3 aproximados que se descargan anualmente al río se transformarán en 1.300 m^3 de lodo deshidratado con su correcta disposición final.

Mediante las modificaciones y ajustes propuestos la planta lograría tratar el caudal de diseño al año 2050 en forma adecuada. Además se cuenta con las unidades necesarias para asegurar un tratamiento eficiente, aún en condiciones de eventos de presencia de algas que generen olor y sabor.

4. Memoria de cálculo

4.1. Cálculo del caudal de diseño

Primero se realiza la proyección de la población con los últimos tres censos poblacionales del INE.

Tabla 4.1: Datos censales de población de la ciudad de Treinta y Tres (Fuente: INE).

Año	Población
1996	30.792
2004	31.826
2011	32.259

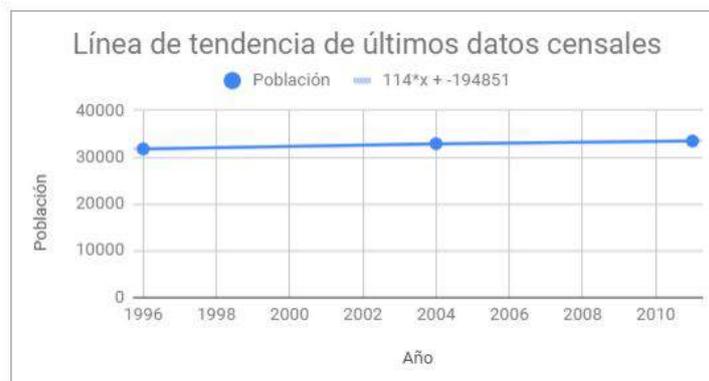


Figura 4.1: Datos censales de población de Treinta y Tres (últimos tres censos)

Como se puede ver el gráfico se comporta como una función de tipo lineal.

$$\frac{dP}{dt} = K_a$$

$$P = K_a(t - t_0) + P_0$$

Con:

- P: población (hab)
- K_a constante de crecimiento lineal (hab/año)
- t: tiempo (año)

Para calcular la población para el año 2050 se utiliza la fórmula que resulta de la regresión lineal.

$$Poblacion(2050) = 114 \times (2050) - 19.4851 = 38.849 \text{ habitantes}$$

Los parámetros de diseño complementarios usados para el diseño de la planta se muestran a continuación.

Tabla 4.2: Parámetros de diseño complementarios.

Parámetros de diseño complementarios	
Dotación (L/hab.d)	150
K1	1,23
Porcentaje de pérdidas en la red (%)	34,6
Porcentaje de pérdidas en la planta (%)	6
Horas diarias de funcionamiento (hs)	22

Para hallar los valores de caudal de diseño, se calculan el caudal medio diario y el máximo diario, con pérdidas de la siguiente forma:

$$Q_{med,d,sp} = P_{ob} \times Dot \times Cobertura = 5.827m^3/d$$

$$Q_{med,d,CP} = Q_{med,d,SP} + Q_p$$

El caudal de pérdidas se define como:

$$Q_p = \%Perdidas \times Q_{med,d,CP} = 34,6\% \times Q_{med,d,CP}$$

Con lo cual se tiene:

$$Q_{med,d,SP} = Q_{med,d,CP} - Q_p = Q_{med,d,CP} - \%Pérdidas \times Q_{med,d,CP}$$

$$Q_{med,d,CP} = \frac{Q_{med,d,SP}}{1 - \%Perdidas} = \frac{5.827m^3/d}{(1 - 0,346)} = 8.910m^3/d$$

Con el caudal medio diario con pérdidas, utilizando el coeficiente K1, se halla el caudal máximo diario con pérdidas:

$$Q_{max,d,CP} = K1 \times Q_{med,d,CP} = 1,23 \times 8.910m^3/d = 10.960m^3/d$$

Resultando el caudal de impulsión de la planta a los tanques de la ciudad, el siguiente:

$$Q_{med,h,CP} = \frac{Q_{max,d,CP}}{22} = \frac{10959,7m^3/d}{22} = 498m^3/h$$

Considerando el 6% de pérdidas en la planta, el caudal para la toma y las unidades de potabilización resulta:

$$Q_{diseño-toma} = \frac{Q_{max,d,CP}}{1 - \%PerdidasToma} = \frac{10.960m^3/d}{(1 - 0,06)} = 11.659m^3/d$$

$$Q_{diseño} = \frac{Q_{diseño-tomar}}{22} = \frac{11.659m^3/d}{22} = 530m^3/h$$

4.2. Tanque de contacto de CAP

La unidad se diseña para lograr un tiempo de contacto efectivo de 15 min, lo que resulta en un tanque de las siguientes dimensiones.

$$V = Q \times T$$

Donde:

- V: Volumen útil (m³)
- Q: Caudal de diseño (m³/h)
- T: tiempo de retención (horas)

Tabla 4.3: Dimensiones del tanque.

Parámetro	Dimensión
Volumen útil del tanque (m ³)	132,5
Radio (m)	3,0
Altura útil (m)	5,0

Para la selección de los agitadores se considera como parámetro de diseño un gradiente hidráulico de 80s⁻¹. Este valor asegura una agitación suficiente en el tanque para que el CAP no sedimente. A partir de este valor de gradiente y el volumen del tanque, se calcula la potencia que debe tener el agitador y se selecciona un agitador brindado por proveedor.

$$P = V\mu G^2$$

Donde:

- P: potencia (Watt)
- V: volumen útil del tanque (m³)
- G: gradiente de giro (s⁻¹)
- μ : viscosidad dinámica del agua (Pa.s)

Resultando en una potencia de 17 watt.

Para el vaciado de la unidad se prevé una tubería de DN 100 m ubicada en el fondo del tanque. Se verifica que el tiempo de vaciado sea razonable (entre 20 y 60 min), la formula para determinarlo es la siguiente:

$$t = \frac{A \times (\sqrt{h_i} - \sqrt{h_f})}{C_d \times A_0 \times \sqrt{2g}}$$

Donde:

- t: tiempo de vaciado (s)
- A: área superficial de la unidad (m²)
- h_i : altura inicial (m)

- h_f : altura final (m)
- C_d : coeficiente de descarga
- A_θ : área de la sección de vaciado (m^2)

Se obtiene un tiempo de vaciado de 45 minutos.

Tabla 4.4: Parámetros para el cálculo del tiempo de vaciado

Parámetro	Valor
C_d	0,61
A (m^2)	28,3
h_i (m)	4,2
h_f (m)	0
$A_\theta(m^2)$	0,0079

4.3. Coagulación

Mezcla rápida

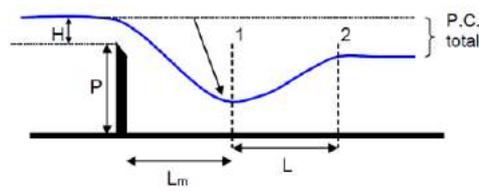


Figura 4.2: Esquema Vertedero rectangular.

La mezcla rápida utiliza la energía remanente que es disipada luego de la caída en el resalto que se forma aguas abajo del vertedero. Para aprovechar todo el volumen del resalto para la mezcla, el punto de aplicación del coagulante deberá estar sobre la sección 1 indicada en la Figura 4.2 , a una distancia L_m del vertedero.

Según Rad (1950) la distancia L_m se calcula como:

$$L_m = 0,43P_v \left(\frac{h_c}{P_v} \right)^{0,81}$$

Donde:

- h_c : altura crítica (m)
- P_v : la altura del vertedero (m)

La profundidad de la lámina de agua inmediatamente antes del resalto, h_1 , está relacionada con la profundidad crítica h_c , por la relación propuesta por Moore (1943):

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}h_c}{1,06 + \sqrt{\frac{P_v}{h_c} + \frac{3}{2}}}$$

A partir de h_1 se calcula h_2 mediante la expresión:

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F_{R1}^2} - 1 \right)$$

Conocidas las alturas h_1 y h_2 se puede determinar la pérdida de carga en el resalto y el tiempo de retención, lo cual permite calcular el gradiente de velocidad.

La pérdida de carga total, corresponde a la diferencia entre el nivel de agua, aguas arriba y aguas abajo del vertedero:

$$P.C_{total} = P_v + H - h_2$$

Para el cálculo de la sobrelevación de agua en el vertedero (H) se parte de la fórmula de Francis:

$$Q = 1,838BH^{3,2}$$

Donde:

- B = ancho de vertedero (m).
- Q = caudal de diseño (m^3/s).
- H = altura de agua sobre el vertedero (m).

Para obtener la longitud del resalto hidráulico se considera la fórmula de Smetana:

$$x_r = 6(h_2 - h_1)$$

Donde:

- x_r = longitud del resalto (m).
- h_1 = pérdida de carga en el punto de aplicación (m).
- h_2 = pérdida de carga luego del resalto (m).

El tiempo de mezcla, que es una medida del tiempo en que demora el coagulante en dispersarse en el volumen de fluido donde tiene lugar la mezcla rápida, puede calcularse como:

$$t = \frac{x_r}{v_m}$$

siendo:

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

donde:

- t = tiempo de mezcla (s).
- v_m = velocidad media (m/s)
- v_1 = velocidad en la sección 1 (m/s)
- v_2 = velocidad en la sección 2 (m/s)

Finalmente el gradiente de velocidad, que caracteriza la intensidad de la mezcla, se calcula como:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

Sustituyendo los valores por las características de la unidad en la planta y el caudal de diseño, se determina los parámetros de funcionamiento para la mezcla rápida.

Tabla 4.5: Dimensiones del vertedero.

Dimensiones del vertedero	
Ancho - B (m)	0,6
Altura del vertedero - P_v (m)	0,7

Tabla 4.6: Longitud de aplicación del coagulante de acuerdo a Di Bernardo.

Caudal de diseño - Q (m^3/h)	530
Elevación sobre el vertedero - H (m)	0,26
Longitud de aplicación del coagulante - L_m (m)	1,0

Tabla 4.7: Resultados de parámetros de funcionamiento.

Tiempo de mezcla - t (s)	1,8
Gradiente de velocidad - G (s^{-1})	1.332

Como se observa en la tabla, los valores obtenidos están dentro de los rangos recomendados para este tipo de mezcla.

Aplicación del coagulante

La aplicación del coagulante se realiza por medio de una tubería de PVC de 1 pulgada de diámetro perforada. En total se tiene 6 orificios de 0,01 m de diámetro, distanciados 0,08 m entre sí. Se realiza la siguiente verificación utilizando la simplificación del método de Hudson:

$$A_{Di} = \sum A_{di}$$

Donde:

- A_{Di} = área transversal de la tubería de distribución (m^2)
- A_{di} = área de los orificios de distribución (m^2)

El caudal de coagulante diluido es de $2,12 m^3/h$, resultando:

$$Q_{orificio} = \frac{Q}{n_{orificios}} = 0,35m^3/h$$

4.4. Floculación Mecánica

La unidad cuenta dos trenes de tratamiento, cada uno de los cuales tiene dos floculadores mecánicos de flujo radial y paletas perpendiculares al eje, de iguales dimensiones. El caudal total

se divide antes de ingresar a cada tren, por lo que por cada floculador mecánico circula la mitad del caudal de operación.

Para verificar el funcionamiento de las unidades deben determinarse el gradiente medio de velocidad, el tiempo de floculación y las condiciones enumeradas a continuación, según las dimensiones presentadas en la Figura 4.3.

1. Área de las paletas $\leq 20\%$ del área de la sección transversal de la cámara, esto es:

$$2ab \leq 0.2 \times L \times H$$

2. Velocidades tangenciales $< a 1,2$ m/s en la primera cámara (G alto) y $< a 0,6$ m/s en la última (G bajo). Estas velocidades tangenciales se calculan como:

$$v_t = \omega(r + b)$$

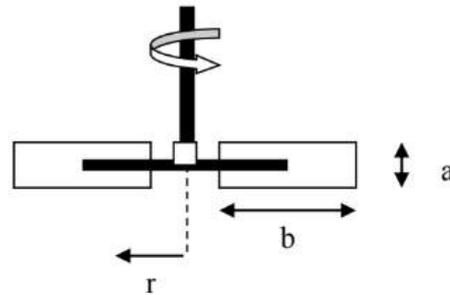
Donde:

- v_t = velocidades tangenciales (m/s)
- ω = velocidad angular en (rad/s)
- $(r + b)$ = distancia del eje al extremo de la paleta (m)

3. Relación entre el diámetro del impulsor y el del recinto de floculación D/D_e tal que:

$$0,30 \leq \frac{D}{D_e} \leq 0,45,$$

Donde: D = diámetro del impulsor, $D = 2(r + b)$, y $D_e = 1,13\sqrt{L_x L_y}$ el diámetro equivalente del recinto de floculación, con L_x y L_y el largo y ancho del tanque.



Detalle del agitador

Figura 4.3: Detalle del agitador.

El tiempo de retención y el gradiente de velocidades para esta unidad pueden determinarse de acuerdo a:

$$Tr = \frac{V}{Q} \tag{4.1}$$

$$G = 0,024 \sqrt{\frac{C_D \times n^3 \times (1 - k)^3}{\nu \times V} \int r^3 dA} \tag{4.2}$$

Donde:

- T_r = tiempo de retención (min)
- G = gradiente (s^{-1})
- Q = caudal (m^3/s)
- V = volumen (m^3)
- C_D es el coeficiente de arrastre que depende de la relación b/a

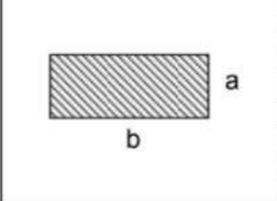
	RELACION b/a	C_D
	1	1,10
	2	1,15
	4	1,19
	10	1,29
	18	1,40
	20	1,46
	∞	2,01

Figura 4.4: Relación b/a

- k = coeficiente que depende de la geometría de la celda de floculación, para una geometría rectangular $k = 0,05$
- $\int r^3 dA = 4 \int_0^b r^3 dA = 4 \int_0^b r^3 a dr = ab^4$
- n = velocidad de giro del agitador (rpm)
- ν = viscosidad del agua ($1,06 \times 10^{-06} m^2/s$)

Debido a que los floculadores en cada tren de tratamiento son iguales, se presenta la verificación para uno de ellos, realizada a partir de los datos geométricos y considerando la mitad del caudal de diseño.

Vale recordar que el caudal es la mitad al de diseño.

Tabla 4.8: Datos conocidos

Q (m^3/h)	265
-----------------	-----

Geometría de la unidad	
H (m)	3,20
L (m)	3,05
B (m)	2,75
V (m^3)	27,3

Geometría de las paletas	
r (m)	0,00
a (m)	0,25
b (m)	0,50
Nro	4

n_1 (rpm)	31
n_2 (rpm)	29
C_D	1,15
k	0,15

Tabla 4.9: Resultados obtenidos

Parámetros calculados	
T (min)	6,2
G ₁ (s ⁻¹)	80
G ₂ (s ⁻¹)	70

Verificaciones	
A' paletas <20 % A'secc. transv.	0,25
0.3 D/De 0.45	0,31
Velocidad periférica (m/s)	0,73

Dado que las dimensiones de las unidades son iguales, el tiempo de retención también lo será. El total es:

$$TRH = T_{Etapa1} + T_{Etapa2} = 12,2 \text{ minutos}$$

Para el cálculo del tiempo de vaciado de la unidad se utiliza la ecuación presentada en la sección 2.1, el pasaje entre las dos cámaras de floculación mecánica es inferior, se considera un solo punto de vaciado para ambas cámaras. El diámetro de descarga DN 100 mm, lo que resulta en un tiempo de vaciado de 24 min.

Tabla 4.10: Parámetros para el cálculo del tiempo de vaciado

Parámetro	Valor
C_d	0,61
A(m ²)	16,8
h_i (m)	3,27
h_f (m)	0
A_{θ} (m ²)	0,0079

4.5. Floculación Hidráulica

Los floculadores hidráulicos utilizan la energía disipada como pérdida de carga para imponer el gradiente de velocidad deseado. En cada tren de tratamiento de la planta, se tienen tres celdas con chicanas de flujo vertical.

Para el cálculo del gradiente en cada celda, se siguen los siguientes pasos:

1. A partir de la longitud del floculador (L) y de la separación entre canales (d), se determina el número de canales y pasajes:

$$N_{canales} = \frac{L}{d}$$

Por tanto,

$$N_{Pasajes} = N_{canales} - 1$$

2. Se calcula la pérdida de carga en los pasajes como la pérdida de carga localizada por el número de pasajes que se tenga:

$$h_{f_{pasajes}} = \frac{N_{pasajes} \times k \times v_{pasajes}^2}{2g}$$

Donde:

- k : coeficiente de pérdida de carga localizada para pasaje de 180 grados ($k = 3,2$)
- $v_{pasajes}$: velocidad de pasajes (m/s)

3. La pérdida de carga total será la correspondiente a los pasajes y los canales:

$$hf^* = hf_{pasajes} + hf_{canales}$$

Asumiendo que la pérdida de carga en los canales es despreciable, frente a la pérdida en los pasajes, se obtiene:

$$hf^* = hf_{pasajes}$$

4. Se determina el gradiente a partir de:

$$G = \sqrt{\frac{hf^* \times g}{v \times T_r}}$$

Donde:

- G : Gradiente (s^{-1})
- T_r : Tiempo de retención (s)
- ν : viscosidad cinemática del agua
- g : aceleración de la gravedad (m^2/s)

En las tablas siguientes, se presentan los datos de partida y los resultados de los cálculos para la verificación del gradiente.

Tabla 4.11: Datos conocidos, Etapa 1, 2 y 3

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
H (m)	3,1	3,1	3,1
B (m)	0,8	1	1,2
L (m)	6,5	6,5	2,5
Caudal (m^3/s)	0,074	0,074	0,074
ν (m^2/s)	1,06E-06	1,06E-06	1,06E-06
Pérdida de carga total hf (m)	0,09	0,08	0,01
V (m^3)	16,1	20,2	9,3
d (m)	0,35	0,40	0,50
Ncanales	19	16	5
Npasajes	18	15	4

Tabla 4.12: Resultados Gradiente

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Velocidad canal $v1$ (m/s)	0,26	0,18	0,12
Velocidad pasaje $v2$ (m/s)	0,18	0,18	0,11
Pérdida de carga total $hf^*(m)$	0,088	0,0843	0,008
G (s-1)	61	53	24

En este tipo de unidades se debe verificar además que el flujo no se acelere para evitar rotura de los flóculos formados. Se observa que en las 3 celdas $v2 \leq v1$ por lo que se cumple dicho criterio.

El tiempo de retención en cada celda se calcula como $T=V/Q$, obteniéndose:

$$TRH = T_{Etapa1} + T_{Etapa2} + T_{Etapa3} = 10,3 \text{ minutos}$$

El tiempo de retención de la etapa de floculación completa resulta:

$$TRH = TRH_{Floc.Mecánica} + TRH_{Floc.Hidráulica} = 22,5 \text{ minutos} \quad (4.3)$$

Se observa que el valor obtenido verifica los criterios de diseño recomendados.

Para el vaciado de los floculadores mecánicos se cuenta con una tubería instalada en cada tres de DN 100 mm. El tiempo que demora en vaciarse la unidad es de 21 min.

Tabla 4.13: Parámetros para el cálculo del tiempo de vaciado

Parámetro	Valor
C_d	0,61
$A(m^2)$	15
h_i (m)	3,27
h_f (m)	0
$A_{\emptyset}(m^2)$	0,0079

4.5.1. Sistemas de entrada y salida

Se verifican los pasajes entre las celdas de floculación mecánica, de mecánica a hidráulica y luego entre hidráulicas, determinando el gradiente en cada pasaje comparando con el de la celda de floculación anterior. El objetivo es que en dichos pasajes no se rompan los flóculos formados, para lo que se debe verificar:

$$G_c \leq 1,2 \times G(\text{celda anterior}) \quad (4.4)$$

Donde: G_c = gradiente en la celda posterior

Los pasos para determinar el gradiente en cada compuerta de pasaje son los siguientes:

1. Se calcula la velocidad en la sección de la compuerta:

$$u = \frac{Q}{b \times H}$$

Donde:

- u = velocidad (m/s)
- b = ancho de la compuerta (m)
- H = altura de la compuerta (m)
- Q = caudal (m^3/s)

2. Se calcula el radio hidráulico

- Si la compuerta es sumergida: $R_h = \frac{L^2}{4L}$
- Si la compuerta es no ahogada: $R_h = \frac{h \times L}{L + 2 \times h}$

3. Con esto, se calcula el gradiente en la cámara:

$$G_c = \sqrt{\frac{fu^3}{8\nu R_h}}$$

Donde f es el coeficiente de fricción del hormigón (0,023) y ν es la viscosidad del agua.

Para determinar el gradiente medio de velocidad en un canal se utiliza la siguiente fórmula:

$$G = n\sqrt{\frac{g}{\nu}}R_h^{-0,667}u^{1,5}$$

- G : gradiente de velocidad en el canal (s^{-1})
- n : coeficiente de Manning
- g : aceleración de la gravedad (m/s^2)
- ν : viscosidad cinemática (m^2/s)
- R_h : radio hidráulico (m)
- u : velocidad media en el canal (m/s)

En la tabla 4.14, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 4.14: Resultados - Cámaras de entrada y salida.

	Cámara 1	Cámara 2	Cámara 3
Q (m^3/s)	0,07	0,07	0,07
h (m)	0,6	0,5	0,8
L (m)	0,6	0,75	0,8
u (m/s)	0,20	0,16	0,12
Rh (m)	0,15	0,21	0,27
$G_c(s^{-1})$	12,4	9,8	2,4
G (celda anterior) (s^{-1})	90	70	24

Como puede observarse, en todos los casos se cumple la condición establecida.

4.6. Sedimentación

4.6.1. Zona de sedimentación

Para verificar los parámetros de operación, se desarrolla el siguiente procedimiento:

1. Se calcula el área ocupada por las placas como:

$$A_{placas} = B \times L_{Placas}$$

Donde:

- $l_{placas} = 1,2m$
- $\alpha = 60^\circ$

Donde B corresponde al ancho de la unidad y L_{Placas} al largo de las placas, determinado como:

$$L_{Placas} = L - l_{Placas} \times \cos(\alpha)$$

2. Con ésta área se calcula la tasa de sedimentación como:

$$TS = \frac{Q_{diseño}}{A_{Placas}}$$

a) Se calcula la velocidad longitudinal media v_0 dentro de la zona de sedimentación:

$$v_0 = \frac{Q}{A_{Perp.Placas}}$$

Donde:

$$A_{Perp.Placas} = \frac{A_{Placas}}{\sin(\alpha)}$$

b) Se verifica que la longitud relativa del sedimentador ($L_{relativa}$), medida adimensional del cociente de la longitud útil (L_u) y la separación entre placas (d), sea mayor a 20.

$$L_u = l_{Placas} - x$$

Siendo x , sección del largo de la placa en donde el flujo no es laminar, d la separación entre las placas paralelas y ν la viscosidad cinemática del agua.

$$Re = \frac{2 \times v_0 \times d}{\nu}$$

$$x = 0.013 \times Re \times d.$$

Luego:

$$L_{relativa} = \frac{L_u}{d} \tag{4.5}$$

En las tablas 4.15 y 4.16 se presentan los datos de partida y los resultados obtenidos.

Tabla 4.15: Datos conocidos - Zona de sedimentación

Q (m^3/s)	0,07
B (m)	5,0
L (m)	9,3
A placas (m^2)	56,6
Altura zona de sedimentación (m)	1,8
Volumen zona de sedimentación (m^3)	109

Tabla 4.16: Resultados - Zona de sedimentación

Tiempo de retención (min)	19
TS (m/h)	6,1
vo (cm/min)	8,8
Re	138
L relativa	22,6

Donde vo y TS cumplen con las recomendaciones.

4.6.2. Zona de entrada

La zona de ingreso a la unidad se encuentra formada por un ducto central de sección variable desde el cual se distribuye el agua floculada.

Es necesario garantizar cierta distancia h_1 entre la zona de placas y el ingreso del agua para que se logre una distribución uniforme del flujo en toda el área del sedimentador previo al ingreso a las placas. Dicha distancia depende de la separación y diámetro de los orificios (s_{orif} y D_{orif}) y se recomienda:

$$\frac{h_1}{5} + D_{orif} \geq s_{orif}$$

Para determinar el diámetro y la separación de los orificios de entrada, así como la geometría del ducto central, se debe asegurar que el gradiente en los orificios no supera cierto valor y que la entrada de caudal por los orificios es uniforme a lo largo de todo el ducto para lo cual se aplica el método de Hudson, desarrollado en el procedimiento a continuación, para realizar estas verificaciones:

1. Se proponen la geometría y dimensiones del ducto central, el diámetro de los orificios y la cantidad de orificios.
2. Se supone que el caudal se distribuye en forma uniforme en cada uno de los orificios. Por lo tanto, a partir de la cantidad de orificios, se obtiene:

$$Q_{orif_i} = \frac{Q_0}{No.Orificios}$$

Donde:

- $Q_0 = Q/4$
- No.Orificios = Cantidad de orificios

3. Se calcula la velocidad en el orificio:

$$v_{orif_i} = \frac{Q_{orificio_i}}{A_{orif_i}} = \frac{Q_{orificio_i}}{\pi(\phi_{orif}^2/4)}$$

Donde:

- $Q_{orificio_i}$ = caudal a través de cada orificio
- ϕ_{orif} = diámetro de orificio

4. Se determina el caudal que circula en el ducto antes de salir por cada lateral, siendo en el primer orificio:

$$Q_{ducto} = Q_0$$

Y en el resto:

$$Q_{ducto_i} = Q_{ducto_{i-1}} - Q_{orif_{i-1}}$$

5. Se determina la ubicación de los orificios en la tubería, identificando la distancia entre el inicio del ducto y el centro de cada uno de los orificios, x_{orif} .

6. Se determina el área de la sección de ducto aguas arriba de cada uno de los orificios, A_{ducto} . La misma será variable a lo largo del ducto debido a su geometría.

Para hallarla, se deben conocer la posición x_{orif} en que se está calculando, y la altura del ducto en dicha posición. La altura del ducto se modela mediante una recta:

$$y_{orif_i} = a \times x_{orif_i} + n$$

Donde:

$$\begin{aligned} * n &= H1 \\ * a &= \frac{H2 - H1}{L} \end{aligned}$$

Con

$$\begin{aligned} * H1 &= \text{Altura de entrada} \\ * H2 &= \text{Altura final} \end{aligned}$$

7. Se determina la velocidad en la sección del ducto aguas arriba de cada uno de los orificios:

$$v_{ducto_i} = \frac{Q_{ducto_i}}{A_{ducto_i}}$$

8. Se determina el coeficiente de Hudson β , el cual proviene de agrupar todos los componentes de la pérdida de carga entre ducto y orificio:

$$\beta_i = \phi \left(\frac{v_{ducto_i}}{v_{orif_i}} \right)^2 + \theta + 1$$

Donde ϕ y θ son dos parámetros que dependen de la longitud del lateral, de tipo corto, cuyos valores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.17: Constantes ϕ y θ

Longitud del lateral	ϕ	θ thita
Largo	0,9	0,4
Corto	1,67	0,7

Se debe cumplir que las velocidades dentro del ducto sean mayores a 0.1 m/s (para evitar sedimentación en el ducto) y menores a 0.5 m/s (para evitar rotura de flocs).

9. Con el coeficiente definido en el punto anterior y sabiendo el área de los orificios, se vuelve a calcular la velocidad en los mismos:

$$v_{orif_i^*} = \frac{Q_0}{A_{orif} \sqrt{\beta_i}} \left(\sum \left(\sqrt{\frac{1}{\beta_i}} \right) \right)^{-1}$$

Donde n es el número de orificios.

10. Se vuelve a calcular el caudal en cada uno de los orifios:

$$Q_{orif_i^*} = A_{orif} \times v_{orif_i^*}$$

11. Se determina la diferencia entre Q_{orif} y Q_{orif}^* :

$$\Delta Q = Q_{orif_i} - Q_{orif}^*$$

Si ΔQ es de al menos un orden de diferencia en relación a los valores de los caudales, la iteración finaliza. Caso contrario, el cálculo vuelve a comenzar considerando en el punto 4 que: $Q_{orif_i} = Q_{orif}^*$

Una vez finalizada la iteración se calcula la diferencia máxima entre los caudales que salen por los orificios.

$$\delta = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{promedio}}$$

Una vez verificada la distribución en el sistema de entrada, si se cumple que $\delta \leq 10\%$ se continúa al paso siguiente. En caso contrario se deben modificar las dimensiones del ducto, de los orificios, o el número de orificios para realizar una nueva iteración. Se debe verificar que el gradiente hidráulico en los orificios no supere cierto valor para evitar la rotura de flóculos. Esta verificación varía según el tiempo (Δ), el cual se define como el tiempo entre que el agua sale de la última etapa de floculación y llega al ducto de entrada al sedimentador. La condición es la siguiente:

$$\Delta_p \leq 45s, G \leq 1.2 G_{floc}$$

$$\Delta > 45s, G \leq G_{floc}$$

$$\Delta > 90s, G \leq 0.9 G_{floc}$$

Donde el gradiente de velocidad en los orificios del ducto se calcula como:

$$G_i = \sqrt{\frac{f(v_{orif_i})^3}{8\nu R_h}}$$

Con:

- f coeficiente de Darcy – Weisbach, que en este caso se asume = 0,023 (Acero).
- R_h Radio hidráulico
- ν la viscosidad cinemática, la cual depende de la temperatura (A T = 18° C, $\nu = 1.061 \times 10^{-6}$ m²/s).

A continuación se presentan los datos de partida y los resultados obtenidos:

Tabla 4.18: Geometría del ducto

L (m)	9,3
H1 (m)	1,75
H2 (m)	0,75
B (m)	1,10

Tabla 4.19: Datos - Zona de entrada

Q (m ³ /s)	0,15
$Q / 4$ (m ³ /s)	0,04
No. Orificios	30
$\phi_{orif}(m)$	0,1
A_{orif} (m ²)	0,008
s_{orif} (m)	0,3

Tabla 4.20: Resultados iteración zona de entrada

No. Orificio	Q orif (L/s)	v orif (m/s)	Q ducto (m3/s)	x orif (m)	y orif (m)	A ducto (m2)	v ducto (m/s)	β	$\sqrt{1/\beta}$	v ' orif (m/s)	Q ' orif (L/s)	$\Delta Q(m3/s)$	G (s ⁻¹)
1	1,22217	0,16	0,037	0,15	1,734	1,91	0,0193	1,7	0,7612	0,156	1,22213	0,0000	20,21
2	1,22244	0,16	0,036	0,45	1,702	1,87	0,0190	1,7	0,7614	0,156	1,22240	0,0000	20,22
3	1,22271	0,16	0,034	0,75	1,669	1,84	0,0187	1,7	0,7616	0,156	1,22268	0,0000	20,22
4	1,22300	0,16	0,033	1,05	1,637	1,80	0,0184	1,7	0,7618	0,156	1,22296	0,0000	20,23
5	1,22328	0,16	0,032	1,35	1,605	1,77	0,0181	1,7	0,7619	0,156	1,22325	0,0000	20,24
6	1,22358	0,16	0,031	1,65	1,573	1,73	0,0177	1,7	0,7621	0,156	1,22355	0,0000	20,24
7	1,22388	0,16	0,029	1,95	1,540	1,69	0,0174	1,7	0,7623	0,156	1,22386	0,0000	20,25
8	1,22419	0,16	0,028	2,25	1,508	1,66	0,0170	1,7	0,7625	0,156	1,22417	0,0000	20,26
9	1,22450	0,16	0,027	2,55	1,476	1,62	0,0166	1,7	0,7627	0,156	1,22449	0,0000	20,27
10	1,22482	0,16	0,026	2,85	1,444	1,59	0,0162	1,7	0,7629	0,156	1,22481	0,0000	20,28
11	1,22515	0,16	0,025	3,15	1,411	1,55	0,0158	1,7	0,7631	0,156	1,22514	0,0000	20,28
12	1,22549	0,16	0,023	3,45	1,379	1,52	0,0154	1,7	0,7633	0,156	1,22548	0,0000	20,29
13	1,22583	0,16	0,022	3,75	1,347	1,48	0,0149	1,7	0,7635	0,156	1,22582	0,0000	20,30
14	1,22617	0,16	0,021	4,05	1,315	1,45	0,0144	1,7	0,7638	0,156	1,22617	0,0000	20,31
15	1,22652	0,16	0,020	4,35	1,282	1,41	0,0139	1,7	0,7640	0,156	1,22653	0,0000	20,32
16	1,22688	0,16	0,018	4,65	1,250	1,38	0,0134	1,7	0,7642	0,156	1,22689	0,0000	20,33
17	1,22724	0,16	0,017	4,95	1,218	1,34	0,0128	1,7	0,7644	0,156	1,22725	0,0000	20,34
18	1,22761	0,16	0,016	5,25	1,185	1,30	0,0123	1,7	0,7647	0,156	1,22762	0,0000	20,34
19	1,22797	0,16	0,015	5,55	1,153	1,27	0,0116	1,7	0,7649	0,156	1,22799	0,0000	20,35
20	1,22834	0,16	0,014	5,85	1,121	1,23	0,0110	1,7	0,7651	0,156	1,22836	0,0000	20,36
21	1,22870	0,16	0,012	6,15	1,089	1,20	0,0103	1,7	0,7653	0,156	1,22872	0,0000	20,37
22	1,22907	0,16	0,011	6,45	1,056	1,16	0,0095	1,7	0,7656	0,156	1,22909	0,0000	20,38
23	1,22942	0,16	0,010	6,75	1,024	1,13	0,0087	1,7	0,7658	0,157	1,22944	0,0000	20,39
24	1,22976	0,16	0,009	7,05	0,992	1,09	0,0079	1,7	0,7660	0,157	1,22979	0,0000	20,40
25	1,23009	0,16	0,007	7,35	0,960	1,06	0,0070	1,7	0,7662	0,157	1,23012	0,0000	20,41
26	1,23040	0,16	0,006	7,65	0,927	1,02	0,0060	1,7	0,7664	0,157	1,23043	0,0000	20,41
27	1,23068	0,16	0,005	7,95	0,895	0,98	0,0050	1,7	0,7666	0,157	1,23071	0,0000	20,42
28	1,23092	0,16	0,004	8,25	0,863	0,95	0,0039	1,7	0,7667	0,157	1,23095	0,0000	20,43
29	1,23112	0,16	0,002	8,55	0,831	0,91	0,0027	1,7	0,7669	0,157	1,23114	0,0000	20,43
30	1,23125	0,16	0,001	8,85	0,798	0,88	0,0014	1,7	0,7669	0,157	1,23127	0,0000	20,44

4.6.3. Zona de salida

El agua clarificada es recolectada a través de canaletas con vertederos triangulares hacia el canal central ubicado sobre el ducto de sección variable de entrada,

Al tratarse de un sedimentador de placas planas, el largo de las canaletas de recolección (L_c) se corresponde con el largo total de la unidad (L). Cada canaleta descargará de forma libre.

Para verificar la canaleta se determina la altura máxima de agua, para confirmar que no se supere la altura total, y se verifica que los vertederos triangulares funcionan con descarga libre.

1. Se sabe que el número de canaletas, es:

$$N^{\circ}C = 4$$

2. Se calcula el caudal de cada una de las canaletas como:

$$Q_c = \frac{Q}{N^{\circ}C} = \frac{0,07m^3/s}{4} = 0,02m^3/s$$

3. Luego se tiene la altura total (h) y ancho de la canaleta (b):

$$h = 0,25m$$

$$b = 0,3m$$

4. Se calcula el tirante máximo en la canaleta h_0 :

$$h_0 = \sqrt[2/3]{\frac{Q_c}{1.38b}} = 0,14m$$

Se observa que no supera el valor de la altura de la canaleta máximo de $0,75h = 0,2m$.

Dado que el tirante máximo de agua es inferior a la altura de la canaleta, se tiene descarga libre desde los vertederos triangulares.

4.6.4. Zona de lodos

La zona de lodos cuenta con dos tolvas que acumulan el lodo entre dos purgas consecutivas. Cada una tiene una pendiente de fondo aproximada al 2,0%. El vaciado se realizará a partir de cada punto de toma y será dirigido hacia el canal inferior de desagües/salida de filtrado a desagüe. El objetivo es calcular el volumen de lodos, para verificar la altura ocupada por los mismos.

Se cuenta con la siguiente información:

- T: Turbiedad del agua bruta (NTU)
- Color en el agua bruta: Unidades de Pt-Co
- D: Dosis de coagulante (mg/L)
- k: Factor de generación de sólidos. Para sulfato de aluminio (14 H₂O) se tiene que k = 0,26.

Los pasos a seguir son:

1. Se determina la masa de sólidos secos generada, por metro cúbico de agua tratada:

$$S = \frac{0.2Col + 1.3T + kD}{1000}$$

Donde:

- Col= Color verdadero del agua bruta
- T= Turbiedad del agua bruta
- D= Dosis del coagulante (mg/L)
- k= Coeficiente que depende del coagulante.

2. Se calcula la masa de lodos (kg lodos/hora) y la densidad del lodo:

$$M_L = \frac{n \times S \times Q}{C}$$

Donde:

- M_L = Masa de lodos (kg lodo / hora)
- n = Rendimiento del sedimentador (se adopta 1)
- Q= Caudal (m³/h)
- D= Dosis del coagulante (mg/L)
- C= Concentración de sólidos secos en el lodo (kg sólidos secos/kg lodo)

$$\delta_L = \frac{1}{\frac{C}{\delta_s} + \frac{1-C}{\delta}}$$

Donde:

- δ_L =Densidad del lodo (kg de lodo/m³ de lodo)
- δ_s = Densidad de sólidos secos (kg sólidos secos/m³ de lodo)
- δ = Densidad del agua (kg/m³)

3. Se calcula el volumen de lodos (V_L), y teniendo en cuenta las dimensiones de la tolva de recolección se obtiene la altura ocupada dentro (h_3) de la zona de lodos. Se considera que se realizan las descargas cada 12 horas.

$$V_L = \frac{M_L \times 12}{\delta_L}$$

$$h_3 = \frac{2 \times V_L}{L \times (b + B)}$$

- h_3 = Altura dentro de la tolva de recolección.
- b = Ancho menor de la tolva
- B = Ancho mayor de la tolva

Tabla 4.21: Resultados - Zona de lodos

Q (m ³ /s)	265,0
Turbiedad (NTU)	18,3
Color (Unidades Pt-Cb)	44,5
Dosis (mg/l)	53
C (kg sólidos secos/ kg de lodo)	0,012
Densidad de sólidos secos (kg/m ³)	1400
Densidad del agua (kg/m ³)	1000
S (kg de sólidos secos / m ³ agua tratada)	0,04
Masa de lodos (kg/h)	991
Densidad de lodos (kg de lodo/ m ³ de lodo)	1003
Volumen de lodos (m ³ /h)	0,99
Volumen de lodos (m ³)	11
h3 (m)	0,8

El volumen generado entre descargas sucesivas corresponde a 0,8 m de altura de lodos dentro de la tolva.

Para el cálculo de tiempo de vaciado de la unidad, se sabe que hay instaladas una tubería de DN 100 mm ubicada en cada una de las tolvas de lodos, el tiempo que demora en vaciarse cada sedimentador es de 34 min.

4.7. Filtros mixtos

4.7.1. Verificación de las unidades durante la filtración

Se procede a verificar la tasa de filtración a partir de la disposición de filtros existentes y del caudal para el año 2050, de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Se conoce la geometría de cada filtro: valor de largo (L) y ancho (B). Por lo cual, el área de cada filtro es:

$$A_{\text{filtro}} = B \times L$$

2. A partir del número de filtros (N_{filtros}), se determina el área total de filtración:

$$A_{\text{total}} = A_{\text{filtro}} \times N_{\text{filtros}}$$

3. La tasa de filtración queda determinada por:

$$TF = \frac{Q}{A_{\text{total}}}$$

4. Además, dado que la etapa de filtración es de tipo *batch*, los filtros deben sacarse de operación al momento de su lavado. Como consecuencia, debe corroborarse el correcto funcionamiento de los mismos verificando la tasa de filtración (TF^*) para la condición con un filtro menos en operación.

$$TF^* = \frac{Q}{A_{\text{total}}^*}$$

Donde,

$$A_{\text{total}}^* = A_{\text{filtros}} \times (N_{\text{filtros}} - 1)$$

Se presentan los valores de tasa de filtración obtenidos (para el funcionamiento de todos los filtros y en lavado), verificando así que la unidad se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento.

Tabla 4.22: Resultados - Verificación de la unidad

Operación con 6 filtros	
Q (m ³ /h)	530
L (m)	3,9
B (m)	2,0
A cada filtro (m ²)	7,8
Nro filtros	6
A total (m ²)	46,8
TF (m ³ /m ² /h)	11,3

Operación con 5 filtros	
Nro filtros	5
A* (m ²)	39,0
TF* (m ³ /m ² /h)	14

Se observa que la tasa de filtración resulta adecuada en ambas condiciones de operación.

Luego se determinaron las pérdidas de carga durante la filtración para calcular la cota de pelo de agua en el filtro de dicha condición. La pérdida de carga total se calcula como la sumatoria de las pérdidas en todo el camino del agua, desde el filtro hasta el vertedero. Es decir las pérdidas de carga en la compuerta de entrada, el manto filtrante, el falso fondo y la tubería de salida.

Tabla 4.23: Características - Arena

Espesor del manto (m)	0,30
Densidad (kg/m ³)	2600
Coef. de uniformidad (C _D)	1,50
Coef. de esfericidad (C _E)	0,80
Porosidad (p ₀)	0,42
Tamaño efectivo, D ₁₀ (mm)	0,50
D ₉₀ (mm)	1,00
De (mm)	0,70

Tabla 4.24: Características - Antracita

Espesor del manto (m)	0,50
Densidad (kg/m ³)	1550
Coef. de uniformidad	1,40
Coef. de esfericidad	0,50
Porosidad (p ₀)	0,52
Tamaño efectivo, D ₁₀ (mm)	1,00
D ₉₀ (mm)	1,80
De (mm)	1,40

- Pérdida de carga en compuerta de entrada:

$$\Delta H_{entrada} = K \times \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- v = Velocidad de pasaje (m/s)
- K = Coeficiente de pérdida de carga localizada
- g = Aceleración gravitatoria (m^2/s)

Tabla 4.25: Pérdida de carga en compuerta de entrada

Área (m^2)	0,16
Velocidad pasaje (m/s)	0,15
Coeficiente válvula	0,7
Pérdida de carga (m)	0,0008

- Pérdida de carga en manto filtrante limpio:

Se determina la pérdida de carga en cada capa del medio filtrante, aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{\Delta H}{L_i} = \frac{\nu (1 - \epsilon_0)^2}{g \epsilon_0^3} V \left(\frac{1}{\psi D_e} \right)^2 + 11,75 \times \frac{(1 - \epsilon_0)}{\epsilon_0^3} \times \frac{V^2}{g \psi D_e}$$

Donde:

- ΔH : Pérdida de carga en el manto filtrante limpio (mca)
- L_i : Espesor del manto filtrante (m)
- ν : Viscosidad cinemática del agua (m^2/s)
- g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)
- ϵ_0 : Porosidad inicial del manto
- V : Velocidad de aproximación, igual a la tasa de filtración (m/s)
- ψ : Coeficiente de esfericidad de los granos
- D_e : Diámetro equivalente de los granos (m)

Tabla 4.26: Pérdidas de carga en mantos filtrante

	Arena	Antracita
Li (m)	0,30	0,50
nu (m^2/s)	1,06e-06	1,06e-06
Porosidad inicial	0,42	0,52
TF ($m^3/m^2/s$)	0,0031	0,0031
Ce	0,8000	0,5000
D10 (m)	0,0005	0,0010
Pérdidas de carga	0,43	0,17

- Pérdida de carga en boquillas:

En primer lugar se determina el caudal de filtración que pasa por cada boquilla como:

$$Q_{boquilla} = \frac{Q_{filtro}}{Nro\ de\ boquillas}$$

Dado el caudal y el gráfico de pérdida de carga se determina la pérdida de carga a través de las boquillas.

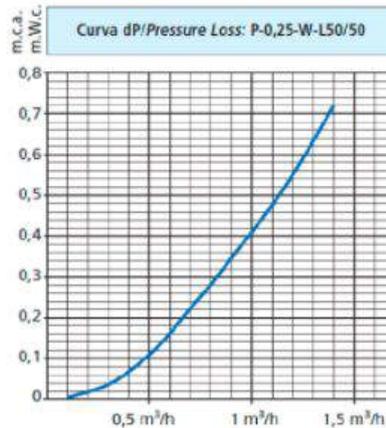


Figura 4.5: Pérdida de carga boquillas.

Tabla 4.27: Pérdidas de carga en boquillas

Caudal filtro (m ³ /h)	88,3
Densidad (cantidad/m ²)	81,0
Área de cada filtro (m ²)	7,8
Cantidad total	632,0
Caudal boquilla (m ³ /h)	0,14
Pérdidas de carga (m)	0,01

- Pérdida de carga en tubería de salida:

$$\Delta H_{total} = \sum K_i \times \frac{v_i^2}{2g} + J \times L \quad (4.6)$$

Con:

$$J = 10,643 \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} \times D^{-4,87} \quad (4.7)$$

Donde:

- K : Coeficiente de pérdida de carga localizada de cada accesorio
- v : Velocidad en tubería (m/s)
- L : Longitud de la tubería (m)
- Q : Caudal (m³/s)

- D : Diámetro de la tubería (m)
- C : Coeficiente que depende del material ($C = 130$ para tubería de FD)

Tabla 4.28: Valores de K

Accesorio	K
Entrada	1,0
Codo	0,9
Válvula mariposa	0,3
Salida	1,0

Tabla 4.29: Pérdidas de carga en tubería de salida

Distribuida - Hazen Williams	
C	130
D interior (m)	0,28
Caudal (m^3/s)	0,02
j (m/m)	0,001
Longitud de tubería (m)	3,85
Pérdidas de carga (m)	0,0024
Localizadas	
K total	3,2
Pérdidas de carga (m)	0,03

- Altura de agua sobre vertedero de salida de agua filtrada:

$$h_0 = 0,81 \times \left(\frac{Q_{diseño}}{B}\right)^{2/3} \quad (4.8)$$

Donde:

- h_0 : Altura de agua sobre vertedero
- $Q_{diseño}$: Caudal de diseño
- B : Ancho (m)

Tabla 4.30: Altura de agua sobre vertedero

Caudal (m^3/s)	0,15
Ancho (m)	1,00
Altura de agua sobre vertedero (m)	0,23

En la tabla 4.31 se resumen las pérdidas de carga obtenidas:

Tabla 4.31: Pérdidas de carga durante la filtración

En compuerta de entrada	0,0008
En manto filtrante limpio - arena	0,43
En manto filtrante limpio - antracita	0,17
En boquillas	0,01
En tubería de salida	0,03
Pérdida de carga total (m)	0,63
Cota de pelo de agua en vertedero (m)	37,12
Cota de pelo de agua en el filtro (m)	37,75

4.7.2. Verificación de las unidades durante el lavado

Para la verificación de la velocidad de lavado, se aplica un método iterativo denominado Método de Cleasby. Los pasos a seguir son los enumerados a continuación:

- a) Se elige una velocidad de lavado de entre 0,6 m/min y 0,9 m/min.
- b) Se supone un valor para la porosidad del manto expandido (p_E), el cual debe verificar: $p_E \geq p_0$, siendo p_0 la porosidad inicial del manto.
- c) Se determina K , tal que:

$$K = \frac{\rho(\rho_s - \rho) \times g \times C_E^3}{216 \times \mu^2}$$

Siendo:

- ρ : Densidad del agua (kg/m^3)
- ρ_s : Densidad de los sólidos del manto (kg/m^3)
- μ : Viscosidad dinámica del agua ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$)
- C_E : Coeficiente de esfericidad

- d) Se determina el término N_R :

$$N_r = \frac{\rho \times C_e \times V_L \times D_E}{6 \times \mu \times (1 - p_E)}$$

Donde:

- v_L = Velocidad de lavado en (m/s)
- p_E = Porosidad del manto expandido
- $D_E = \frac{D_{10} + D_{90}}{2}$, siendo D_{10} el tamaño efectivo y D_{90} se calcula como:

$$D_{90} = D_{10} \times 10^{1,67 \times \log(C_u)}$$

- e) Por otra parte, se debe verificar la siguiente igualdad:

$$\log \left(\frac{k(p_E \times D_e)}{(1 - p_E)^2} \right) = 0,565 - 1,5 \times (\log C_E)^2 + 1,093 \times \log N_R + 0,18 \times (\log N_R)^2 - 0,00392 \times (\log N_R)^4$$

- f) Se determina la expansión del manto como: $\frac{100 \times (\rho_E - \rho_0)}{1 - p_E}$

Los pasos *a)* hasta *f)* se repiten para el rango de velocidades admisibles y para cada uno de los materiales del manto filtrante, hasta completar la iteración y obtener la expansión total del manto.

Tabla 4.32: Método de Cleasby Arena para determinación de velocidad de lavado

vL (m/min)	0,6	0,75	0,8	0,84	0,90	0,95
Nr	1,79	2,25	2,66	2,89	3,13	3,39
pE	0,52	0,55	0,57	0,58	0,59	0,59
Cleasby	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E (%)	19,81	29,75	33,33	35,83	39,76	43,21

Tabla 4.33: Método de Cleasby Antracita para determinación de velocidad de lavado

vL (m/min)	0,70	0,75	0,80	0,84	0,90	0,95
Nr	3,08	3,39	3,77	4,13	4,52	4,945
pE	0,62	0,63	0,64	0,66	0,67	0,678
Cleasby	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00
E (%)	25,98	29,62	34,83	38,73	43,93	49,07

Tabla 4.34: Caudal y velocidad de lavado

Q lavado (m^3/min)	6,5
v lavado (m/min)	0,84

Tabla 4.35: Expansión para arena y antracita

	Arena	Antracita
E (%)	35,83	38,73
L manto (m)	0,30	0,50

Se obtiene que la altura total del manto expandido será de 1,09 m, verificándose que no se alcanza la canaleta de lavado ya que ésta se ubica 1,88 m por encima del manto.

Se verifica la canaleta de lavado, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- a) Se conoce el ancho de canaleta, $b(m)$
- b) Se calcula el tirante máximo dentro de la canaleta, h_0

$$h_0 = \left(\frac{Q_{canaleta}}{1,38 \times b} \right)^{2/3}$$

Donde: $Q_{canaleta} = Q_{lavado}$ dado que cada filtro cuenta con una sola canaleta de recolección.

- c) Una vez conocido el tirante, se corrobora que la altura de la canaleta h_c , cumpla la siguiente relación: $h_0 \leq 0,75 \times h_c$

Tabla 4.36: Recolección de agua de lavado

Caudal canaleta (m ³ /s)	0,11
b (m)	0,70
h ₀ (m)	0,23

El agua filtrada de todas las unidades pasa al canal de interconexión de filtros, al final del cual se localiza un vertedero de descarga libre, en pared delgada, este tiene por objetivo establecer un nivel de agua que permita disponer de la carga necesaria para lavar un filtro utilizando parcialmente el caudal producido por las restantes unidades. Con el fin de poder variar la velocidad de lavado de acuerdo con los requerimientos de la planta, este vertedero es de cresta variable.

Por lo tanto, finalmente se determinan las pérdidas de carga durante el lavado para verificar la altura necesaria del vertedero mencionado (cota actual +36,89 m), que garantice la carga hidráulica para el lavado (con la velocidad de lavado elegida). La pérdida de carga total en el lavado es la suma de aquellas debido a la tubería de ingreso, el falso fondo con boquillas y el manto filtrante expandido tanto de arena como de antracita.

- Pérdida de carga en tubería de ingreso:

Se determina calculando las pérdidas de carga localizadas y distribuidas. Considerando que los accesorios que generan pérdidas localizadas son: entrada cañería, codo, válvula mariposa y salida de la tubería.

Tabla 4.37: Pérdidas de carga en tubería ingreso

Distribuida - Hazen Williams	
C	130
D (m)	0,28
Caudal (m ³ /s)	0,11
j (m/m)	0,01
Longitud de tubería (m)	3,50
Pérdidas de carga (m)	0,03
Localizadas	
K total	2,7
Pérdidas de carga (m)	0,33

- Pérdida de carga en manto filtrante expandido:

La pérdida de carga que se produce en el pasaje del agua por el manto de arena y antracita expandidos, se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta H_{manto} = L_o \times \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \times (1 - p_{oi})$$

Donde:

- ΔH_{manto} : Pérdida de carga a través del lecho expandido.
- L_o : Espesor inicial del lecho
- ρ_s : Densidad de material filtrante

- p_o : Porosidad inicial del manto

La pérdida de carga total del manto filtrante resulta:

$$\Delta H_{Manto\ filtrante} = \Delta H_{Manto\ arena} + \Delta H_{Manto\ antracita}$$

Tabla 4.38: Pérdidas de carga en manto filtrante expandido

	Arena	Antracita
Lo (m)	0,30	0,50
ρ_s (kg/m ³)	2600	1550
p (kg/m ³)	999	999
Porosidad inicial	0,42	0,52
Pérdidas de carga (m)	0,28	0,13

- Pérdida de carga en el falso fondo con boquillas:

Es la pérdida de carga debido al pasaje del agua de lavado por las boquillas del falso fondo, se calcula de forma análoga al realizado para el cálculo de la pérdida de carga en el proceso de filtración, pero teniendo en cuenta que el caudal ahora corresponde al de lavado.

Tabla 4.39: Pérdidas de carga en falso fondo

Caudal filtro (m ³ /h)	393
Densidad (cantidad/m ²)	81
Área de cada filtro (m ²)	7,8
Cantidad total	632
Caudal boquilla (m ³ /h)	0,62
Pérdidas de carga (del gráfico)	0,17

- Altura de agua sobre canaleta de salida:

$$h_{lavado} = 0,81 \times \left(\frac{Q_{lavado}}{L}\right)^{2/3} \quad (4.9)$$

Donde L = largo total de canaleta de salida (m)

Tabla 4.40: Altura de agua sobre canaleta de salida

Caudal de lavado (m ³ /s)	0,11
Largo canaleta total (m)	7,80
Altura de agua sobre canaleta (m)	0,05

- Carga sobre vertedero de salida de agua filtrada

Para el cálculo del tirante de agua sobre el vertedero de salida de agua filtrada se utiliza la siguiente fórmula:

$$h_{filtrada} = 0,81 \times \left(\frac{Q_{excedente}}{b}\right)^{2/3} \quad (4.10)$$

Donde: $Q_{\text{excedente}} = Q_{\text{planta}} - Q_{\text{lavado}}$, b = ancho vertedero.

Tabla 4.41: Carga sobre vertedero de salida de agua filtrada

Q excedente (m ³ /s)	0,04
b (m)	1,0
h filtrada	0,09

En la tabla 4.42, se presentan los valores de pérdidas de carga durante el lavado, obtenidos para cada etapa:

Tabla 4.42: Pérdidas de carga durante el lavado

En tubería de ingreso	0,36
En manto filtrante de arena expandido	0,28
En manto filtrante de antracita expandido	0,13
En manto soporte	0,10
En falso fondo con boquillas	0,17
Pérdida de carga durante el lavado - ΔH_{Lavado} (m)	1,04

El nivel del vertedero de salida de agua filtrada se fija como el nivel de la canaleta de agua de lavado sumado las pérdidas de carga entre esta y el canal de interconexión:

$$N_{\text{vertedero}} = N_{\text{canaleta lavado}} + h_{\text{lavado}} + \Delta H_{\text{Lavado}} - h_{\text{filtrada}}$$

Donde:

- $N_{\text{vertedero}}$ = nivel del vertedero en canal de interconexión
- $N_{\text{canaleta lavado}}$ = nivel de la canaleta de recolección de agua de lavado
- h_{lavado} = nivel de agua sobre la canaleta de lavado
- ΔH_{Lavado} = pérdidas de carga durante el lavado
- h_{filtrada} = carga sobre vertedero de salida de agua filtrada

Tabla 4.43: Resultados - Vertedero de salida

$N_{\text{canaleta lavado}}$ (m)	35,90
h_{lavado} (m)	0,05
ΔH_{lavado} (m)	1,04
h_{filtrada} (m)	0,09
$N_{\text{vertedero}}$ (m)	36,89

Como se mencionó la cota actual del vertedero en la planta coincide con la calculada (+36,89 m), por lo tanto se verifica que se proporciona la carga hidráulica necesaria para el lavado sin tener que mover este vertedero.

4.7.3. Niveles de operación

El nivel del filtro durante una carrera de filtración será variable y estará comprendido entre los niveles mínimo y máximo. El nivel mínimo corresponde al nivel de operación del filtro limpio (inmediatamente posterior a la etapa de lavado de la unidad). El mismo debe permitir vencer las pérdidas de carga hidráulicas hasta llegar al nivel del vertedero de salida.

Por tanto:
$$N_{Mínimo} = h_v + \Delta H_{Filtración}$$

Siendo:

- h_v : Altura del vertedero de salida respecto al fondo del filtro (+36,89 m).
- $\Delta H_{Filtración}$: Las pérdidas de carga durante la filtración (0,64 m).

El nivel máximo queda definido como:

$$N_{máx} = N_{CS}$$

Siendo:

- N_{CS} : nivel interior de la canaleta de recolección de agua sedimentada (+37,95 m).

Tabla 4.44: Resultados - Niveles de operación

Nivel mínimo (m)	37,77
Nivel máximo (m)	37,95

Resulta entonces una carga disponible para la carrera de filtración de 19 cm.

4.8. Filtros de Carbón activado granular

4.8.1. Verificación durante la filtración

Se calcula la tasa de filtración, considerando la batería actual de 4 unidades. También se verifica el funcionamiento para la condición con un filtro menos.

Se determina además el tiempo de contacto de lecho vacío (EBCT) como:

$$EBCT = \frac{V}{Q}$$

Donde:

- V = Volumen aparente (volumen de granos + volumen de poros) (m^3)
- Q = Caudal de la planta (m^3/min)

Tabla 4.45: Resultados - Verificación de la unidad

Q (m ³ /h)	530
D (m)	3,5
A cada unidad (m ²)	9,6
Nro de filtros	4
A total (m ²)	38,5
TF (m ³ /m ² /h)	13,8
TF*(m ³ /m ² /h)	18
EBCT (min)	8,4

Como el EBCT da inferior al recomendado, se agregará un filtro más.⁹ Para esta nueva condición se obtienen los resultados indicados en la tabla 4.46.

Tabla 4.46: Resultados para nueva condición

Q (m ³ /h)	530
D (m)	3,5
A cada unidad (m ²)	9,6
Nro de filtros	5
A total (m ²)	48,1
TF (m ³ /m ² /h)	11,0
TF*(m ³ /m ² /h)	14
EBCT (min)	10,5

Luego se determinan las pérdidas de carga en la filtración, para verificar la operación de las bombas de alimentación.

La pérdida de carga en la unidad se encuentra determinada por la suma de las correspondientes al sistema de ingreso, las boquillas, el manto filtrante y la tubería de conducción al depósito de agua filtrada.

- Pérdida de carga en tubería de conducción al ingreso:

Se determinan como la suma de las pérdidas de cargas localizadas y distribuidas.

En este caso los valores de k empleados son:

Tabla 4.47: Valores de K

Elemento	K
Válvula mariposa	0,3
Válvula esférica	0,5
Codo	0,9
Tee bilateral	1,8
Entrada	1,0

Se detallan las pérdidas de carga del sistema en serie para la tubería de distribución de agua a filtrar y también en la tubería de ingreso a cada filtro. En la figura 4.6 se aprecia un esquema del sistema.

⁹Riesgos biológicos y subproductos en la desinfección en el agua de bebida, 1986

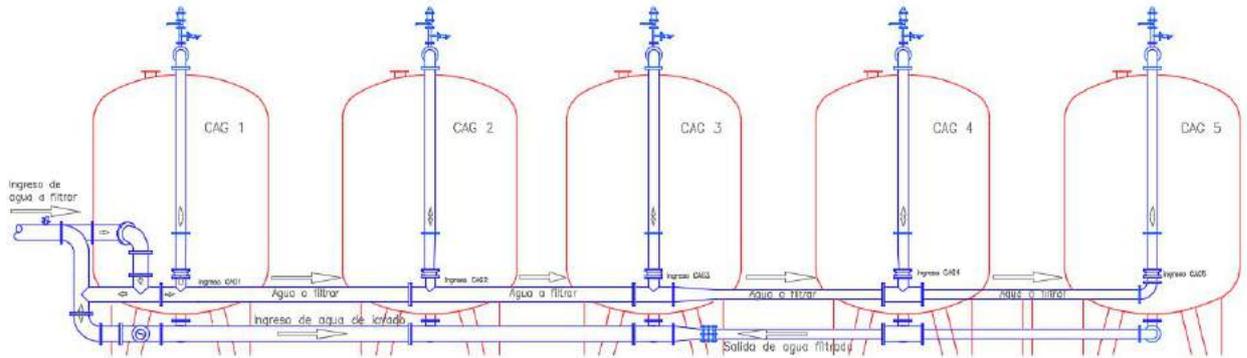


Figura 4.6: Esquema - Filtros CAG

Tabla 4.48: Pérdidas de carga tubería de ingreso al sistema en serie

Tramo	Q (m ³ /s)	D (mm)	v (m/s)	j (m/m)	L (m)	ΔH dist (m)	k	ΔH loc (m)
Succión	0,15	450	0,93	0,002	5,5	0,01	2,8	0,1
Comienzo - Ingreso CAG1	0,15	300	2,08	0,012	25,2	0,29	7,3	1,6
Ingreso CAG1 - Ingreso CAG2	0,12	300	1,67	0,008	5	0,04	1,8	0,3
Ingreso CAG2 - Ingreso CAG3	0,09	300	1,25	0,005	4,5	0,02	1,8	0,1
Ingreso CAG3 - Ingreso CAG4	0,06	200	1,88	0,015	5	0,08	0,9	0,2
Ingreso CAG3 - Ingreso CAG5	0,03	200	0,94	0,004	5	0,02	0,9	0

$$\Delta H_{total} = \sum \Delta H_{loc} + \sum \Delta H_{dist} = 2,67m$$

Tabla 4.49: Pérdidas de carga en tubería de ingreso a cada filtro

Tramo	Q (m ³ /s)	D (mm)	v (m/s)	j (m/m)	L (m)	ΔH dist (m)	k	ΔH loc (m)
Ingreso CAG 1 - CAG 1	0,06	200	1,88	0,015	5	0,08	3,3	0,6
Ingreso CAG2 - CAG 2	0,06	200	1,88	0,015	5	0,08	3,3	0,6
Ingreso CAG3 - CAG3	0,06	200	1,88	0,015	5	0,08	3,3	0,6
Ingreso CAG4 - CAG4	0,06	200	1,88	0,015	5	0,08	3,3	0,6
Ingreso CAG4 - CAG5	0,06	200	1,88	0,015	5	0,08	3,3	0,6

$$\Delta H_{total} = \sum \Delta H_{loc} + \sum \Delta H_{dist} = 3,34m$$

Por lo que las pérdidas de carga totales resultan en 6,01 m.

- Pérdida de carga en sistema de distribución de agua filtrada:

Se determina la pérdida de carga a través de la parrilla que compone el sistema de distribución. Se tiene una tubería principal de 200 mm y conectadas a la misma 38 tuberías secundarias de 32 mm. Luego las tuberías secundarias tienen 10 orificios de distribución de 10 mm cada uno. Las pérdidas de cargas distribuidas por la tubería se calculan a partir de la ecuación (4.6). A partir de la siguiente ecuación se determinan las pérdidas de carga por los orificios:

$$q = A \times C_d \times \sqrt{2g\Delta H} \quad (4.11)$$

Donde:

- q = Caudal a través de un orificio (m^3/s)
- C_d = Coeficiente de descarga
- ΔH = Pérdida de carga a través de un orificio

Se obtiene:

Tabla 4.50: Resultados - Tubería principal

Q total (m^3/h)	530
Cantidad de filtros	5
Q cada filtro (m^3/s)	0,029
Nro orificios	38
q (m^3/s)	0,0008
C_d	0,61
D (mm)	32
A (m^2)	0,0008
H orificios (m)	0,13
H distribuida tubería de 200 mm (m)	0,0014
$\Delta H_{total}(m)$	0,13

Tabla 4.51: Resultados - Tubería secundaria

Q total (m^3/h)	530
Cantidad de filtros	5
Q cada filtro (m^3/s)	0,029
Nro orificios	368
q (m^3/s)	0,0001
C_d	0,61
D (mm)	10
A (m^2)	0,0001
H orificios (m)	0,14
H distribuida tubería de 32 mm (m)	0,02
$\Delta H_{total}(m)$	0,16

Se obtiene una pérdida de carga total de 0,03 m.

■ Pérdida de carga en manto filtrante:

Análogo a como se calculó en los filtros mixtos, se determinan las pérdidas de carga considerando ahora las características del manto mencionadas en la tabla 4.52.

Tabla 4.52: Características - CAG

Espesor del manto (m)	1,80
Densidad (kg/m^3)	1500
Coef. de uniformidad (C_U)	1,40
Coef. de esfericidad (C_E)	0,50
Porosidad (p_0)	0,48
Tamaño efectivo, D10 (mm)	0,001
D90 (mm)	1,80
De (mm)	1,40

Tabla 4.53: Pérdida de carga en manto filtrante

Li (m)	1,80
ν (m^2/s)	1,06e-06
Porosidad inicial	0,48
TF (m/s)	0,0038
Ce	0,50
D10 (m)	0,001
Pérdida de carga total (m)	1,09

■ Pérdida de carga en boquillas:

Se tiene una densidad de 52 boquillas por m^2 , totalizando 520 por cada unidad. Se obtiene un caudal de:

$$Q_{boquilla} = 0,25\text{m}^3/\text{h}$$

Tabla 4.54: Pérdidas de carga en falso fondo

Caudal filtro (m^3/h)	132,5
Densidad (cantidad/ m^2)	52
Área de cada filtro (m^2)	9,62
Cantidad total	520
Caudal boquilla (m^3/h)	1,06
Pérdidas de carga (del gráfico)	0,02

Considerando el gráfico presentado en la figura 4.7:

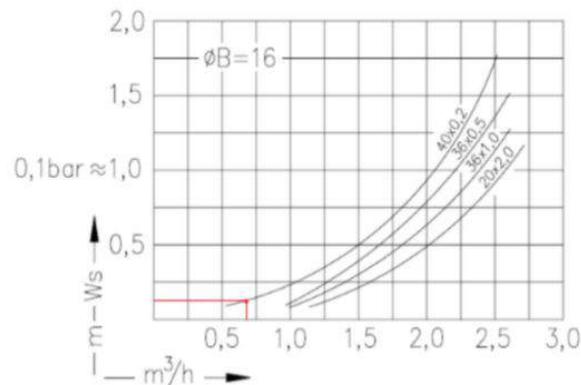


Figura 4.7: Pérdida de carga boquillas.

Resulta en una pérdida de carga aproximada de 0,02 m.

- Pérdida de carga en tubería de conducción a depósito de agua filtrada:

Procedimiento análogo al realizado para el cálculo en tubería de ingreso, en base a la figura 4.6.

Tabla 4.55: Tubería de conducción a depósito de agua filtrada

	Q (m ³ /s)	D (mm)	v (m/s)	j (m/m)	L (m)	Δ H dist (m)	k	Δ H loc (m)
CAG4 - CAG3	0,06	200	1,88	0,0153	5	0,08	1,9	0,341
CAG3 - CAG2	0,09	300	1,25	0,0045	4,5	0,02	2,8	0,223
CAG2 - CAG1	0,12	300	1,67	0,0077	5	0,04	2,8	0,397
CAG1 - Depósito AF	0,15	300	2,08	0,0116	18	0,21	4,6	1,019

$$\Delta H_{total} = \sum \Delta H_{loc} + \sum \Delta H_{dist} = 2,32m$$

Tabla 4.56: Resultados - Pérdida de carga en filtración

En tubería de ingreso (m)	6,01
En sistema de distribución de agua (m)	0,3
En manto filtrante (m)	1,09
En boquillas (m)	0,02
En tubería a depósito agua filtrada (m)	2,32
Pérdida de carga total (m)	9,74

Siendo además el desnivel geométrico entre el nivel del tanque de agua filtrada y el canal de filtración de 0,4 m (ver en sección de interconexiones).

4.8.2. Verificación durante el lavado

Las pérdidas de carga durante el lavado se encuentran determinadas por la suma de aquellas en la tubería de ingreso, en el manto filtrante, boquillas, sistema de recolección de agua de lavado y tubería de salida de agua de lavado.

- Pérdida de carga en tubería de ingreso:

El cálculo se realiza de manera análoga a la sección de filtros mixtos, considerando el filtro más comprometido (CAG 5)

Tabla 4.57: Tubería de conducción al ingreso

Tramo	Q (m ³ /s)	D (mm)	v (m/s)	j (m/m)	L (m)	Δ H dist (m)	k	Δ H loc (m)
Succión	0,15	450	0,93	0,002	5,5	0,01	2,8	0,1
Comienzo - Ingreso CAG1	0,15	300	2,08	0,012	29,4	0,34	5,5	1,2
CAG1 - Ingreso CAG2	0,15	300	2,08	0,012	5	0,06	1,9	0,4
CAG2 - Ingreso CAG3	0,15	300	2,08	0,012	5	0,06	1,9	0,4
CAG3 - Ingreso CAG4	0,15	200	4,69	0,083	6,9	0,58	1,9	2,1
CAG3 - Ingreso CAG5	0,15	200	4,69	0,083	6,9	0,58	1,9	2,1

$$\Delta H_{total} = \sum \Delta H_{loc} + \sum \Delta H_{dist} = 8,06m$$

- Pérdida de carga en manto filtrante:

Se estima esta pérdida de carga a partir de curvas brindadas por proveedor ¹⁰, cuyo catálogo se presenta en Anexo 12.

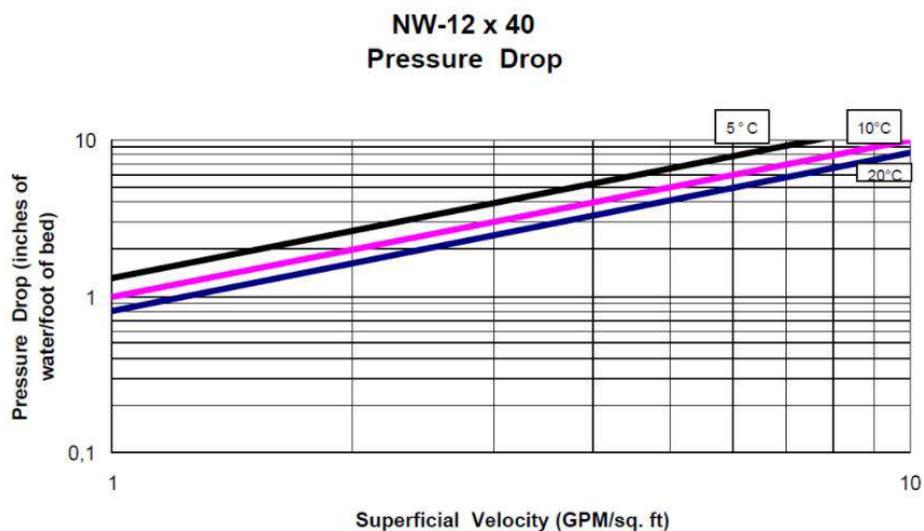


Figura 4.8: Pérdida de carga en manto de carbón activado en función de la tasa de lavado

¹⁰Nordic Water Southamerica

Teniendo que la tasa de lavado se calcula como:

$$TL = \frac{Q}{A}$$

Donde:

- Q = Caudal de la planta (m^3/h)
- A = superficie del manto filtrante (m^2)

Dando como resultado:

$$TL = 0,92 \text{ m/min}$$

Para lo cual se tiene una pérdida de carga de 0,9 m.

- Pérdida de carga en boquillas:

Análogo a pérdida de carga en la filtración:

Tabla 4.58: Pérdidas de carga en falso fondo durante lavado

Caudal filtro (m^3/h)	530
Densidad (cantidad/ m^2)	52
Área de cada filtro (m^2)	9,62
Cantidad total	500
Caudal boquilla (m^3/h)	1,06
Pérdidas de carga (del gráfico)	0,25

Resulta en una pérdida de carga de 0,25 m.

- Pérdida de carga en sistema de recolección de agua de lavado:

Para el cálculo de la pérdida de carga en el sistema de recolección de agua de lavado se realiza el mismo procedimiento descrito en el sistema de distribución de agua en la filtración CAG, con la salvedad de que ahora el caudal corresponde al total de la planta.

Tabla 4.59: Resultados - Tubería principal

Q cada filtro (m^3/s)	0,147
Nro orificios	38
q (m^3/s)	0,0039
Cd	0,61
D (mm)	32
A (m^2)	0,0008
H distribuida en tubería de 200 mm (m)	0,03
H (m)	3,18
$\Delta H_{total}(m)$	3,21

Tabla 4.60: Resultados - tubería secundaria

Q cada filtro (m^3/s)	0,147
Nro orificios	368
q (m^3/s)	0,0004
Cd	0,61
D (mm)	10
A (m^2)	0,0001
H distribuida en tubería de 32 mm (m)	0,48
H (m)	3,56
$\Delta H_{total}(m)$	4,04

La pérdida de carga resulta en 7,25 m.

- Pérdida de carga en tubería de salida de agua de lavado:
Se utilizan las mismas fórmulas que en las tuberías de ingreso.

Tabla 4.61: Pérdidas de carga en tubería de salida

Q (m^3)	D(mm)	v (m/s)	j (m/m)	L(m)	k	ΔH loc (m)	ΔH dist (m)
0,15	200	4,69	0,083	12,2	6,3	7,1	1,0

Resultando en una pérdida de carga en el sistema de recolección de: 8,08 m.

Tabla 4.62: Resultados - Pérdida de carga durante el lavado

En tubería de ingreso (m)	8,06
En manto filtrante (m)	0,90
En boquillas (m)	0,25
Sistema de recolección de agua de lavado (m)	7,25
Tubería de salida de agua de lavado (m)	8,08
Pérdida de carga total (m)	24,54

Siendo además el desnivel geométrico entre el canal de succión y la tubería de descarga de -1,6 m. Resultando en una pérdida de carga total de 23 m.

Como no se cuenta con información sobre el modelo de bomba instalado para la elevación del caudal a filtrar y el caudal de lavado, se obtuvo con un proveedor una bomba con curva característica similar (modelo NKG 200-150-315.2/294) a la instalada, con la cual se verificó junto a la curva de instalación, el punto de funcionamiento para el nuevo caudal con una eficiencia adecuada.

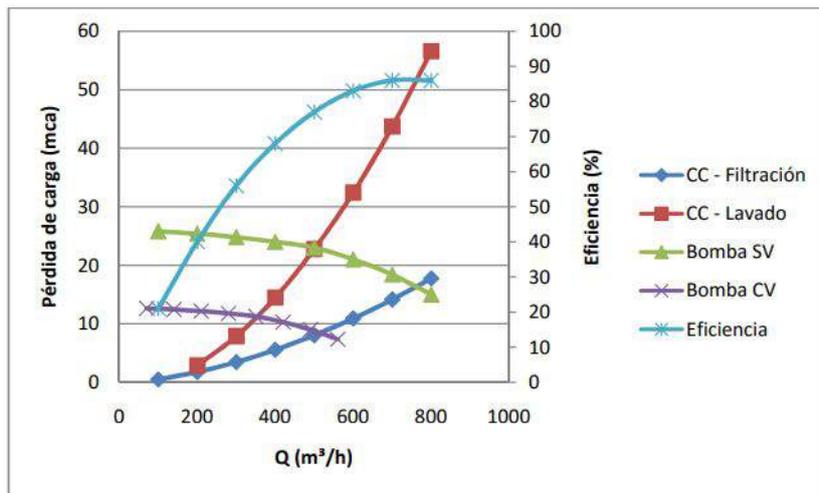


Figura 4.9: Gráficos de curva de instalación y equipo de bombeo de conducción a filtros GAC.

4.8.3. Expansión del manto filtrante

Se debe verificar la expansión del manto filtrante, los valores aconsejados para filtros de carbón activado se encuentran entre 30 y 40 %. Para esta estimación se consideran las curvas de un proveedor de un manto similar al instalado:

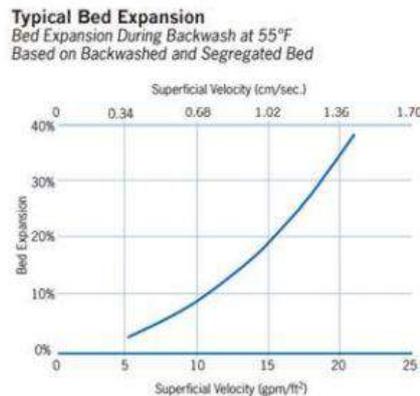


Figura 4.10: Expansión en manto de carbón activado en función de la tasa de lavado.

La tasa de lavado se obtiene como el caudal que pasará por cada filtro ($530 \text{ m}^3/\text{h}$), sobre el área de cada filtro ($9,6 \text{ m}^2$), resultando en una tasa de lavado de $0,92 \text{ m}/\text{min}$. Para esta tasa se obtiene una expansión de 43 %, siendo la altura del manto de $1,93 \text{ m}$ se expandirá $0,82 \text{ m}$.

4.9. Desinfección

Para verificar las condiciones de funcionamiento del depósito se precisa determinar el T10, por lo que se requiere calcular el TRH promedio y para esto es necesario conocer los niveles máximos y mínimos de funcionamiento.

4.9.1. Niveles de operación

A continuación se determina el nivel máximo y mínimo de operación del depósito de contacto.

- Nivel máximo

$$N_{maxdepósito} = N_{filtrada} - h_{ftubería} - h_{fentrada}$$

Para determinar el nivel máximo en el depósito de agua filtrada es necesario calcular la pérdida de carga en la tubería de conducción y tubería de entrada:

Considerado el cálculo de pérdida de carga total según la ecuación 4.6, para la tubería de conducción, resulta:

Tabla 4.63: Valores tubería de conducción.

Caudal (m ³ /s)	0,147
Longitud (m)	22,0
C (tubería FD)	130
Diámetro (mm)	450
hfdist (m)	0,04
K	7,4
hflocalizada (m)	0,32
hf total (m)	0,36

Luego para la tubería de entrada, resulta:

Tabla 4.64: Valores tubería de entrada.

Caudal (m ³ /s)	0,0735
Longitud (m)	1,1
C (tubería FD)	130
Diámetro (mm)	300
hfdist (m)	0,004
K	7,4
hflocalizada (m)	0,094
hf total (m)	0,098

Siendo el nivel en canal de salida de agua filtrada 36,79 m (considerando una revancha de 10 cm), el nivel máximo resulta de 36,33 m.

- Nivel mínimo

$$N_{mindepósito} = N_{succión} - S_{min} - h_{ftubería} - h_{fpasaje}$$

Para determinar el nivel mínimo en el depósito de agua filtrada es necesario definir la sumergencia mínima para las bombas de alta, y agregar las pérdidas de carga desde el depósito hasta la cámara de succión.

Para el cálculo de la sumergencia se utiliza la formulación de Acevedo Neto que establece como criterio de sumergencia mínima el siguiente:

$$S_{mín} = 2,5 \times D = 2,5 \times 0,35 = 0,88m$$

Donde: D = diámetro de la tubería de succión.

Por otra parte, la ANSI utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de la sumergencia mínima:

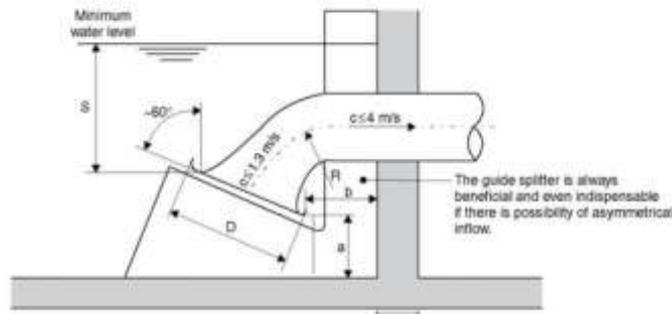


Figura 4.11: Sumergencia mínima

$$S_{\text{mín}} = (1 + 2,3 \times F_D) \times D = 0,83m$$

Donde

- F_D : número de Froude referido a dicho diámetro

$$F_D = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

- V: velocidad media en la boca de entrada
- D: Diámetro de la boca de entrada a la cañería

La sumergencia mínima de la bomba considerada es de: 0,9 m, el valor más crítico de los dos.

La cámara de succión es de dimensiones de 0,4 m x 0,4 m, por lo que la pérdida de carga en el pasaje es de:

$$h_{\text{pasaje}} = 0,02m$$

Como hay dos tuberías de salida del depósito de contacto, se considera que pasa la mitad del caudal por cada una.

Tabla 4.65: Valores tuberías de salida.

Caudal (m ³ /s)	0,074
C (tubería FD)	130
Largo (m)	2,1
DN	300
hf dist (m)	0,008
K	1,7
hf loc (m)	0,09
hf total (m)	0,10

Siendo el nivel superior de la campana de succión a 45° se ubicará a cota +33,83 m, se obtiene un nivel mínimo 34,83 m, resultando en una altura útil de 1,4 m dentro del depósito.

4.9.2. T10

El parámetro T10 corresponde al tiempo en el cual el 10 % del caudal que ingresa, sale del depósito.

T10/T se denominada “factor de baffle” y depende de la geometría interna del depósito, para la unidad existente el factor de baffle resulta 0,3.

Tabla 4.66: Verificación T10 tanque actual

Largo (m)	11,85
Ancho (m)	4,95
Altura nivel mínimo (m)	1,4
Factor baffle	0,30
Caudal (m ³ /h)	265
Tiempo retención hidráulico (min)	19
T10 (min)	6

Dado que el T10 obtenido es muy bajo, se prevé la colocación de tabiques internos en el tanque de contacto. Para la nueva configuración el factor de baffle resulta de 0,6 por lo que se tiene los valores de generación indicados en la siguiente tabla.

Tabla 4.67: Verificación T10 nueva configuración

Largo (m)	11,85
Ancho (m)	4,95
Altura Nivel mínimo (m)	1,38
Factor baffle	0,6
Caudal (m ³ /h)	265
Tiempo retención hidráulico (min)	19
T10 (min)	11

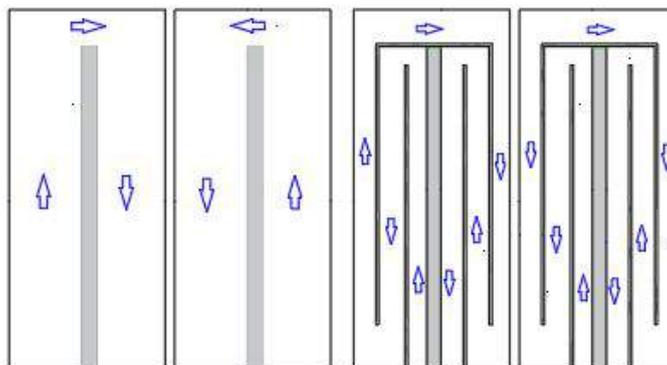


Figura 4.12: Tanque de constacto existente / tanque de contacto modificado

Con este nuevo T10 se verificará la eficiencia en el proceso de desinfección. Para eso se considera el parámetro $C \times T_{10}$, siendo C la concentración de cloro residual libre en el tanque.

4.9.3. Inactivación de virus

El manual “Disinfection Profiling and Benchmarking Guidance Manual” (EPA, 1999) establece los valores del parámetro $C \times T_{10}$ según la temperatura y el pH del agua, para distintos log de remoción de virus. El caso más desfavorable es cuando se presenta la temperatura más baja. A partir de los registros disponibles de temperatura en el agua bruta medidos en la planta se tiene una temperatura media máxima de 18° y una mínima de 8,9°.

Las recomendaciones de la EPA establece un requerimiento de inactivación de 4-log para Virus (99,99%). Se tiene entonces, para la condición de nivel mínimo en el tanque ($T_{10_{min}}$):

Tabla 4.68: Inactivación de virus.

Temperatura (°C)	8,9	18
Log - inactivación	4,0	4,0
C*T (mg/Lmin)	3,4	6,5
C residual libre (mg/l)	0,6	0,3

Se desprende que se precisan un nivel de cloro residual de 0,6 mg/L para lograr una efectiva inactivación de virus.

4.9.4. Inactivación de GiardiaCysts

Las recomendaciones de la EPA (Aplicable a los sistemas de potabilización de aguas superficiales - 1989) establece un requerimiento de inactivación de 3-log para Giardia (99,9%).

Ha de tenerse en cuenta que durante la filtración se da cierto porcentaje de remoción de microorganismos, por lo que al momento de diseñar el proceso de desinfección ya se cuenta con una intervención sobre el agua en este aspecto. Más específicamente la SWTR le da un crédito en remoción de 99,68% (2,5 - log) de Giardia. Resulta de lo anterior que mediante el proceso de desinfección se deberá inactivar 0,5-log para Giardia (68,4%).

Para temperaturas mayores o iguales a 12,5°C la concentración de cloro residual libre se puede determinar como (Smith et al. 1995):

$$CT = (0,361I)(-2,261 + \exp^{(2,69-0,065temp+0,111C_{res}+0,361pH)})$$

Y para temperaturas menores a 12,5°C la concentración de cloro residual libre se puede determinar como:

$$CT = (0,353I)(12,006 + \exp^{(2,46-0,073temp+0,125C+0,389pH)})$$

Siendo:

- I = log de inactivación
- C = cloro residual libre (mg/L)
- T = tiempo de contacto T10 (min)

Tabla 4.69: Inactivación de GiardiaCysts.

I	0,5	0,5
T10	11	11
T°	8,9	18,0
pH	6	6
C*T10	14,5	15,6
Cloro residual	1,4	0,7

La concentración máxima requerida de cloro libre residual resulta de 1,4 mg/L para garantizar una eficiencia adecuada en inactivación de Giardia.

4.10. Planta de tratamiento de lodos

4.10.1. Generación de lodos

En primer lugar se calcula el volumen diario de lodo que se genera en los sedimentadores y en el lavado de los filtros de lecho mixto, así como la masa de sólidos secos que contiene.

Para obtener el caudal instantáneo de lodos que se purga por sedimentador, se parte de la cota de pelo de agua en el sedimentador y se calculan las pérdidas de carga que hay hasta el punto de descarga de los lodos en el vertedero de la cámara de desagüe. Por lo que se tiene la siguiente igualdad

$$N_{\text{vertedero}} = N_{\text{sedimentador}} - dh_{\text{sistema}} - h_0$$

Siendo:

- $N_{\text{vertedero}}$ cota de vertedero igual a 34,8 m
- $N_{\text{sedimentador}}$ cota de pelo de agua en el sedimentador igual a 38,2 m

Como las pérdidas de carga dependen del caudal que puede circular (incógnita a calcular), se itera hasta encontrar la igualdad y así obtener el caudal instantáneo de lodos.

Para contemplar los efectos adicionales de pérdida de carga debidos al contenido de sólidos en el líquido transportado, se realiza el análisis hidráulico de las tuberías que conducen los lodos con el método Hazen- Williams para estimar pérdidas de carga en tuberías con un valor del coeficiente C modificado ¹¹, este se decrementa ya que los lodos concentrados son más difíciles de conducir que el agua. Por lo que para una concentración de un 1,2% en los lodos de sedimentación, el coeficiente C reducirá su valor a un 88%, los valores utilizados son los siguientes:

- C = 123 para las tuberías de PVC
- C = 115 para las tuberías de FD

- *Pérdida de carga en la tubería de recolección de lodo*

Para determinar la pérdida de carga distribuida en la tubería de recolección de lodo se utiliza la fórmula de Hazzen-Williams.

- *Pérdida de carga en la válvula Pinch*

La pérdida de carga en la válvula pinch se determina a partir de la siguiente expresión:

¹¹Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Tratamiento y Disposición de Lodos, CONAGUA 2015.

$$dh = 10 \left(\frac{Q}{k_v} \right)^2$$

Siendo:

- Q = caudal (m³/s)
- kv = factor de pérdida de carga (-)

El factor kv depende del grado de apertura de la válvula. Para las válvulas Pinch se consigue una buena regulación operándolas entre un 10 y 40 % de su apertura como se aprecia en el siguiente gráfico:

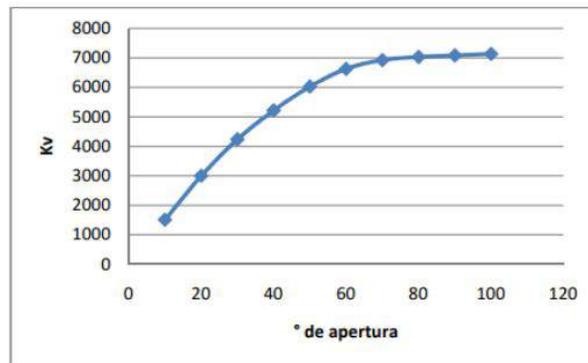


Figura 4.13: Kv en relación al % de apertura.

- *Manifold de descarga*
Considerando Hazen Williams y la fórmula universal, se calculan las pérdidas de carga distribuidas y localizadas.
- *Altura de agua sobre vertedero*
Para determinar el tirante sobre el vertedero de descarga se utiliza la fórmula [4.10](#).

Tabla 4.70: Resultados pérdidas de carga

Tubería de recolección de lodos	
Dint (mm)	68
Cantidad de tubos	38
L (m)	1,2
C (PVC)	123
dh localizadas (m)	0,6
K total	3,75
dh distribuida (m)	0,10
J (m/m)	0,05
Válvula Pinch	
Apertura (%)	20
Kv	3110
dh	0,8
Manyfold de descarga	
L (m)	12
C (tubería FD)	114,5
Dint (mm)	387
dh localizadas (m)	1,29
k total	4,3
dh distribuida (m)	0,20
J (m/m)	0,01
dh sistema	3,11
Vertedero	
B (m)	1,2
h vertido (m)	0,31

El caudal que verifica la iteración es de $0,285 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para obtener el volumen diario de lodo proveniente de los filtros de lecho mixto, se calcula el volumen de agua utilizado para el lavado por filtro, por día como:

$$V = A \times n^\circ \times t \times Tl$$

Siendo:

- V = volumen de agua de lavado por filtro por día (m^3)
- A = área de cada filtro (m^2)
- n° = número de lavados diarios
- t = tiempo de lavado (min)
- Tl = tasa de lavado (m/min)

Luego se calcula la masa de sólidos secos (kg SS/d) como:

$$M = C \times V \times \rho_{lodo}$$

Siendo:

- M = masa de sólidos secos (kg SS/d)
- C = Concentración de sólidos en el lodo (%)
- V = volumen de agua de lavado por filtro por día (m^3)
- ρ_{lodo} = Densidad de lodo (kg de lodo/ m^3 de lodo)

Tabla 4.71: Resultados de volumen de agua y masa de lodos del lavado de los filtros

Área de cada filtro (m^2)	7,8
Carrera de lavado (horas)	24
Tiempo de lavado (min)	5
Tasa de lavado (m/min)	0,8
Volumen de agua de lavado por filtro por día (m^3)	31,2
Volumen diario de agua de lavado (m^3)	187,2
Concentración de lodos (%)	0,1
Densidad de lodo (kg de lodo/ m^3 de lodo)	1003
Masa de lodos(kg SS/d)	188

Tabla 4.72: Parámetros de ingreso

Q sed (m^3/d)	44
Concentración (%)	1,2
Masa (Kg SS/d)	530
Qfil (m^3/d)	187
Concentración (%)	0,1
Masa (Kg SS/d)	188
Qtotal de ingreso (m^3/d)	231
Masa total(Kg SS/d)	717

4.10.2. Unidades de tratamiento

- Tanque de amortiguación de lodos

El tanque de amortiguación para los lodos tiene la función de recibir las descargas de los sedimentadores y filtros, y bombear un caudal constante hacia el espesador. Las dimensiones del tanque pulmón existente se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.73: Dimensiones del tanque pulmón

Vútil (m^3)	250
Hútil (m)	3,6
Diámetro útil (m)	9,5

Se verifica que volumen de la unidad actual tiene al capacidad para amortiguar todo el caudal que ingresa desde los sedimentadores y filtros.

- Bombeo de tanque amortiguador a espesador

Se tienen instaladas dos bombas sistema (1+1) con capacidad de $Q = 26 m^3/h$ y $H = 8$ mca, por lo que en 9 horas puede bombearse todo el volumen de lodos del tanque de amortiguación al espesador.

- Espesador por gravedad

Para verificar que la unidad tenga la capacidad de tratar todo el caudal generado diariamente, se calculan la carga de sólidos y la tasa de aplicación superficial, que deben ubicarse la carga de sólidos entre 25 y 50 $kgSST/m^2/d$ y la tasa entre 4 y 8,2 m/d .

La carga de sólidos se halla de la siguiente manera,

$$C_{sólidos} = \frac{M_{total}}{Á}$$

$$M_{lodo-total} = M_{lodo-sed} + M_{lodo-lavado} = Q \times C_{ST}$$

Donde:

- C_{ST} = concentración de sólidos totales
- Q = caudal de entrada al espesador
- A = área superficial del tanque espesador

La tasa de aplicación superficial,

$$TS = \frac{Q}{A}$$

Los resultados se muestran en la tabla a continuación,

Tabla 4.74: Resultados parámetros de espesador.

C_{ST} (gSST/l)	12
Q (m ³ /d)	231
$V_{útil}$ (m ³)	250
$Á$ (m ²)	75,4
$C_{sólidos}$ (kgSST/m ² /d)	37
TS (m/d)	3,1

La salida de la unidad se da a través de vertederos triangulares en el perímetro de la misma, donde el agua descarga en una canaleta de recolección que bordea el espesador.

Tabla 4.75: Dimensiones de la canaleta de recolección.

Caudal (m ³ /d)	231
Ancho (m)	0,5
Profundidad (m)	0,25

El tirante máximo de agua en la canaleta se calcula con la expresión de descarga libre y se recomienda que sea menor al 75 % de la altura de la canaleta.

$$h_0 = \left(\frac{Q_c}{1,38} \cdot b_c \right)^{\frac{2}{3}} = 0,05m$$

Se cumple con la condición por lo que se garantiza descarga libre hacia la canaleta perimetral.

El caudal de salida de lodo espesado se calcula suponiendo que toda la masa de sólidos que ingresa queda en los lodos con una concentración de 4%.

$$Q_{ID} = \frac{M \times \rho}{C} = \frac{717 \times 1.003}{0,04} = 17,9m^3/d$$

Donde:

- Q_{ID} = caudal que sale del tanque espesador e ingresa a la deshidratación
- M = masa de sólidos (kg SS/d)
- ρ = densidad de lodos (kg de lodo/m³ de lodo)
- C = concentración de lodos

● **Deshidratación**

Desde el tanque espesador se bombea el lodo hacia el filtro de bandas para realizar su deshidratación. Para calcular el volumen diario de lodo deshidratado se considera que toda la masa de sólidos que ingresa queda en el lodo, y que se obtiene un lodo con una concentración del 20 %.

$$Q_{SD} = \frac{M \times \rho}{C} = \frac{717 \times 1.003}{0,20} = 3,6m^3/d$$

El sistema de deshidratación instalado tiene una capacidad admisible para tratar hasta 8 m³/h de caudal y 120 kg SS/h de sólidos. se recomienda que la cantidad de horas de funcionamiento no supere las 8 horas diarias.

Por lo que se tiene:

Tabla 4.76: Parámetros de la deshidratación

Capacidad del sistema de deshidratación	
Masa (kg SS/h)	120
Caudal (m ³ /h)	8
Datos de ingreso	
Caudal (m ³ /d)	17,9
Masa (kg SS/d)	717
Funcionamiento	
Horas de funcionamiento	6
Caudal (m ³ /h)	3

Dado que se recomienda que el tiempo de funcionamiento no supere las 8 horas diarias, se verifica que el sistema existente es suficiente para tratar el horizonte al final de período.

4.10.3. Tuberías de conducción

Par los caudales de lodos generados, se verifican las condiciones de funcionamiento en las tuberías de conducción.

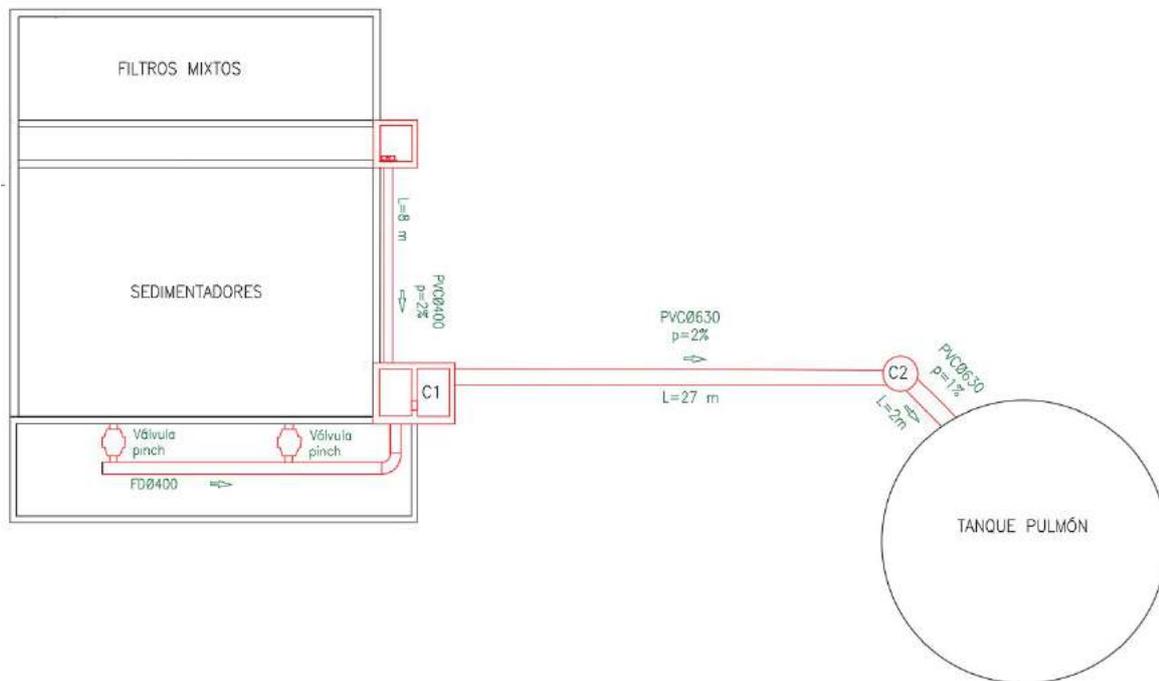


Figura 4.14: Conexiones hacia tanque pulmón

Tabla 4.77: Tuberías a presión que conducen los lodos del sedimentador a la cámara 1.

Conducción	Material	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)
de tolvas al ducto	PVC	75	2,1
del ducto a la cámara 1	FD	400	2,4

Las velocidades en las tuberías se encuentran dentro del rango recomendado. ¹²

Desde la cámara 1 en la que se unen los lodos del sedimentador y el agua de lavado de filtros, los lodos se conducen por gravedad hacia el tanque pulmón. Para los colectores a gravedad se debe verificar que el tirante no se supere el 75 % del diámetro para garantizar el escurrimiento a superficie libre.

Tabla 4.78: Verificación tuberías a gravedad.

Conducción	Material	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Tirante (m)
de agua lavado de filtros a cámara 1	PVC	400	1,6	0,21
desde cámara 1 a cámara 2	PVC	630	1,5	0,50
desde cámara 2 a tanque pulmón	PVC	630	1,1	0,13

Se observa que en la tubería que va desde la cámara 1 a la cámara 2 el tirante alcanza un 79 % del diámetro. Aún cuando en estas condiciones seguirá trabajando como canal a gravedad, se recomienda por seguridad no realizar purga de lodos del sedimentador en simultáneo con el lavado de filtros. Con los caudales de ambos casos por separado, se verifica la condición de no superar el 75 % del diámetro.

¹²Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Tratamiento y Disposición de Lodos, CONAGUA 2015.

4.11. Estaciones de bombeo

Las estaciones de bombeo que se analizan comprenden las instalaciones destinadas a la elevación del agua bruta (estación de bombeo del baja) y de agua tratada (estación de bombeo de alta).

4.11.1. Estación de bombeo de baja

Para verificar el funcionamiento de las instalaciones existentes, se determina la carga a vencer por la bomba considerando la situación más crítica de nivel mínimo en el pozo de bombeo (correspondiente al mínimo nivel del río) y conducción hacia la planta a través de la tubería de PVC DN 315 mm.

$$H_B = H_{geométrica} + \Delta H_{localizada} + \Delta H_{distribuida}$$

- H_B : carga a elevar por la bomba (m)
- $H_{geométrica}$: diferencia geométrica entre los niveles operativos en el pozo y el tanque de contacto de CAP (m)
- $\Delta H_{localizada}$: pérdidas de carga localizadas (m)
- $\Delta H_{distribuida}$: pérdida de carga distribuida (m)

Se calculan las pérdidas localizadas y distribuidas considerando Hazen Williams y con la formulación presentada en capítulos anteriores. Se presentan a continuación los resultados dividiendo la conducción de agua en diferentes tramos:

- Pérdidas localizadas y distribuidas en el manifold de impulsión (Tramo 1)
- Pérdidas distribuidas en la tubería de PVC 315 mm hasta el ingreso de la planta (Tramo 2)
- Pérdidas localizadas y distribuidas en el tramo dentro de la planta hasta el empalme de la nueva tubería a implementar (Tramo 3)
- Pérdidas localizadas y distribuidas desde el empalme de la tubería de agua bruta hasta el tanque de contacto (Tramo 4)

Tabla 4.79: Pérdidas localizadas tramo 1

Tramo 1			
Accesorio	Cantidad	Kunitario	K
Codo de 90	2	0,4	0,8
Válvula de retención	1	2,5	2,5
Llave de paso	1	0,2	0,2
Pasa muro	2	0,2	0,4
Junta	1	0,2	0,2
Entrada	1	0,5	0,5
$K_{total-T1}$			4,6
$Q_{diseño}(m^3/s)$			0,147
$H_{localizada-T1}(m)$			0,07

Tabla 4.80: Pérdidas distribuidas tramo 1

Tramo 1	
Largo tubería (m)	8
C (PVC)	130
Dint(mm)	296,6
Q(m ³ /s)	0,147
J (m/m)	0,014
H _{distribuida-T1} (m)	0,1

Tabla 4.81: Pérdidas distribuidas tramo 2

Tramo 2	
Largo tubería (m)	330
C (PVC)	130
Dint(mm)	296,6
Q(m ³ /s)	0,147
J (m/m)	0,014
H _{distribuida-T2} (m)	4,6

Tabla 4.82: Pérdidas localizadas tramo 3

Tramo 3			
Accesorio	Cantidad	Kunitario	K
Codo de 90	1	0,8	0,4
Válvula compuerta	3	0,2	0,6
Te de pasaje directo	2	0,6	1,2
Te de pasaje de lado	1	1,3	1,3
Pasa muro	3	0,2	0,6
Junta	3	0,2	0,6
K _{total-T3}			5,1
Q _{diseño} (m ³ /s)			0,147
H _{localizada-T3} (m)			0,09

Tabla 4.83: Pérdidas distribuida tramo 3

Tramo 3	
Largo tubería (m)	12
C (FD)	140
Dint(mm)	385,6
Q(m ³ /s)	0,147
J (m/m)	0,003
H _{distribuida-T3} (m)	0,04

Tabla 4.84: Pérdidas localizadas tramo 4

Tramo 4			
Accesorio	Cantidad	Kunitario	K
Codo de 90	2	0,8	1,6
Entrada	1	0,5	0,5
Válvula de cierre	3	0,2	0,6
Te de pasaje de lado	2	1,3	2,6
Pasa muro	2	0,2	0,4
Salida	1	1	1
$K_{total-T4}$			6,7
$Q_{diseño}(m^3/s)$			0,147
$H_{localizada-T4}(m)$			0,09

Tabla 4.85: Pérdidas distribuida tramo 4

Tramo 4	
Largo tubería (m)	27
C (FD)	140
Dint(mm)	385,6
Q(m ³ /s)	0,147
J (m/m)	0,003
$H_{distribuida-T4}(m)$	0,09

Los niveles de operación en el pozo, de acuerdo a lo informado por el personal de operación, se encuentran a cota +18,30 m, +20,70 m y +23,10 m, nivel de arranque, nivel de parada y nivel de alarma y la cota de pelo de agua dentro del tanque de contacto es de +40,00 m, por lo que las diferencias geométricas serán de entre 16,9 y 21,7 m.

La carga máxima a elevar por la bomba es de 27 m con un caudal a elevar de 530 m³/h. Verificando con la curva característica de las bombas en servicio, se observa que será necesario sustituirlas ya que no son capaces de erogar un caudal de 530 m³/h para la carga requerida de 27m.

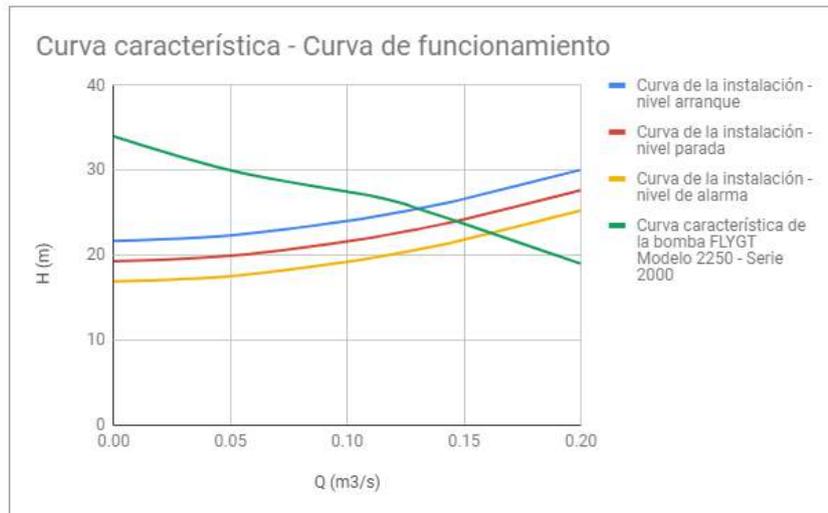


Figura 4.15: Curva de instalación y curva característica de la bomba proveedora

Los nuevos equipos que se propone instalar son bomba sumergibles marca FLYGT modelo NP - 3231/605, que funcionarán en el mismo régimen 1+1.

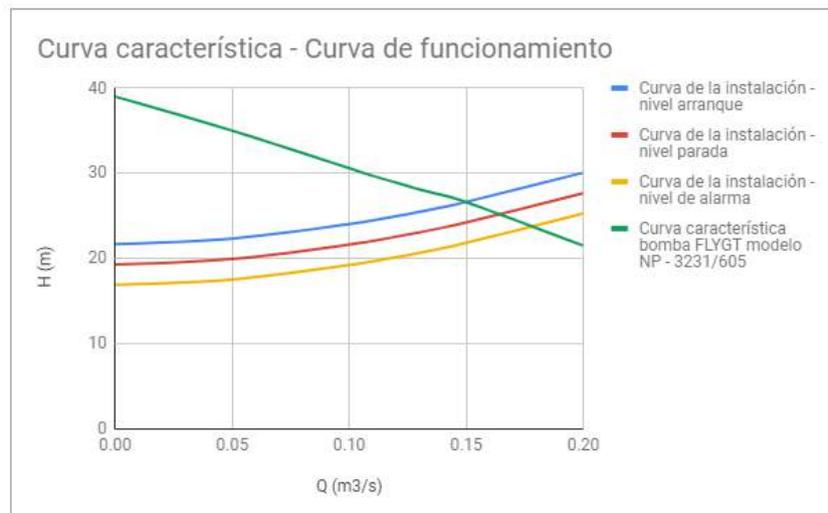


Figura 4.16: Curva de instalación y curva característica de la bomba proveedora

Se observa que las bombas propuestas garantizan el bombeo del Q de diseño para las condiciones al 2050. Se verifica también que el punto de funcionamiento se encuentra en un rango próximo al de mayor rendimiento.

La sumergencia mínima para bombas con caudales menores a 2 m³/s depende del número de Froude y se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{S}{D} > 1 + 2,3F_D$$

Donde

- S: Sumergencia mínima
- D: Diámetro de la boca de entrada a la cañería

- FD: número de Froude referido a dicho diámetro

$$F_D = \frac{v}{\sqrt{gD}}$$

- v : velocidad media en la boca de entrada

Se obtiene una sumergencia mínima de: 1,74 m.

Para evitar que la bomba cavite se debe verificar que para el punto de funcionamiento más comprometido:

$$NPSH_{disp} \geq NPSH_{req}$$

Donde:

$$NPSH_{disp} = P_{atm} + H - P_v - \Delta h$$

- P_{atm} : 10 m.c.a
- H : es la diferencia de alturas entre la superficie del agua y el eje del motor (m)
- P_v : 0,32m es la presión de vapor a 25°
- Δh es la pérdida de carga en la succión que para las bombas sumergibles puede despreciarse

Resultando en un $NPSH_{disp} = 7,98m \geq NPSH_{req} = 2,92$ m (según dato brindado por el proveedor de la bomba) lo que asegura que la bomba no cavita.

Se verifican las dimensiones del pozo de bombeo para asegurar la correcta colocación de los nuevos equipos. Según los criterios que recomienda el Manual de Hidráulica de Azevedo Netto, junto a los datos brindados de las bombas (diámetro total 0,71 m), se verifica que el pozo tiene las dimensiones suficientes para la instalación de los equipos.

4.11.2. Estación de bombeo de alta

Se determina la carga a vencer por la bomba como la suma del desnivel geométrico entre el tanque de agua clara y los tanques de la ciudad, y las pérdidas de carga en la aductora de agua potable.

El desnivel geométrico es:

$$H_{geom} = H_{geom\ final} - H_{geom\ inicial}$$

Donde:

- $H_{geom\ inicial} = 34,8$ m. Correspondiente a sumergencia mínima en tanque de desinfección
- $H_{geom\ final} = 77$ m. Dado por la suma de la cota de terreno del depósito (58 m) y altura de rebalse (19 m).

Las pérdidas de carga distribuidas se determinan con la fórmula de Hazen Williams y su resultado se presenta en la tabla 4.87.

Tabla 4.86: Pérdidas de carga geométrica

$H_{geom\ inicial}(m)$	35
$H_{geom\ final}(m)$	77
$H_{geom}(m)$	42

Tabla 4.87: Pérdidas de carga distribuida, localizadas y total

j (m/m)	0,011
Longitud (m)	2500
ΔH distribuida (m)	28,2
ΔH localizada (m)	9,4
ΔH (m)	37,7

Se tiene entonces:

$$\Delta H_{total} = H_{geom} + \Delta H = 79,8m$$

El sistema de bombeo consta de dos bombas Mark Peerless Pump modelo 8AE20, en régimen 1+1. El caudal a bombear para el horizonte del 2050 es de $498 \text{ m}^3/\text{h}$. Según la curva de la bomba, la carga que puede elevar para dicho caudal es de aproximadamente 75 m, por lo cual visto el resultado obtenido para la pérdida de carga total, la bomba no resulta suficiente para el horizonte de proyecto.

4.12. Productos químicos

Para cada producto aplicado en el proceso de tratamiento, se determina el consumo, el caudal de dosificación, el volumen de tanques de preparación y el stock necesario. A continuación se presentan las ecuaciones generales consideradas y luego se detalla para cada producto las ecuaciones utilizadas y las consideraciones particulares a tener en cuenta.

- Consumo:

$$C = D \times Q \times T \quad (4.12)$$

Donde:

- C = Consumo del producto (kg/d)
- T = Tiempo de funcionamiento de la planta por día (hs)
- D = Dosis (kg/m^3)
- Q = Caudal para el año 2050 (m^3/h)

- Caudal a dosificar:

$$q = \frac{Q \times D}{C} \quad (4.13)$$

Donde:

- Q = Caudal para el año 2050 (m^3/h)
- D = Dosis (mg/L)
- C = Concentración de la solución (g/L)

- Volumen de tanques de preparación:

$$V_{diario} = q \times T \quad (4.14)$$

Donde:

- q (L/h) = Caudal a dosificar
- T (h) = Horas de funcionamiento de la planta
- Stock necesario:

$$S = C \times T_A \quad (4.15)$$

Donde:

- S = Stock (kg)
- C (kg/d) = Consumo del producto
- T_A = Tiempo de almacenamiento

4.12.1. Sulfato de aluminio

Se determinan el consumo, caudal a dosificar y volumen de tanques de preparación mediante las ecuaciones 4.12, 4.13 y 4.14.

El sulfato de aluminio presenta la particularidad de contener impurezas, por lo cual el consumo de producto puro (determinado a partir de la ecuación 4.12, considerando la dosis aplicada) sea diferente al de producto comercial. Para determinar el consumo de producto comercial debe tenerse en cuenta el porcentaje de pureza. Considerando que el sulfato de aluminio contiene un 8 % de óxido de aluminio, puede estimarse su pureza a partir de:

$$\%Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O = \%Al_2O_3 \times \frac{594}{102} = 46,6 \%$$

Donde

- PM Sulfato de aluminio = 594 g/mol
- PM Óxido de aluminio = 102 g/mol

En base a esto, se tiene que el producto comercial tiene una pureza del 46,6 %, por lo que:

$$\text{Consumo producto comercial} = \frac{D \times Q}{0,46} \quad (4.16)$$

El consumo en volumen se determina dividiendo el resultado de la ecuación 4.16 entre la densidad (1,31 kg/l) y a partir del mismo, se establece las dimensiones requeridas para su almacenamiento.

Los resultados son:

Tabla 4.88: Resultados - Sulfato de aluminio

D (mg/L)	80
C (g/L)	500
T (dias)	22
q (L/h)	84,8
Consumo producto puro (kg/d)	932,7
Consumo producto comercial (kg/d)	1984,6

4.12.2. Ácido sulfúrico

El consumo, caudal a dosificar y stock necesario se calculan con las ecuaciones 4.12, 4.13 y 4.15 respectivamente.

El volumen de almacenamiento se determina considerando la densidad del ácido sulfúrico:

$$V = \frac{Stock}{\rho} \quad (4.17)$$

Donde:

- $V (m^3)$ = Volumen de almacenamiento
- Stock (kg) = Stock para 30 días.
- ρ = Densidad (kg/m^3)

Los resultados son:

Tabla 4.89: Resultados obtenidos - Ácido sulfúrico

D (mg/L)	20
C (g/L)	930
T (hs)	22
q (L/h)	11,4
Stock (kg)	6996
V (m3)	3,8
Consumo (kg/d)	233

4.12.3. Polímero de proceso

El consumo y stock se determinan con las ecuaciones 4.12 y 4.15. Luego, el caudal a dosificar y volumen de tanques de preparación a partir de las ecuaciones 4.13 y 4.14.

Los resultados son:

Tabla 4.90: Resultados obtenidos - Polímero de proceso

D (mg/L)	0,3
C (g/L)	1,0
T (hs)	22
q (L/h)	159
Stock (kg)	105
V (m3)	3,5
Consumo (kg/d)	3,5

4.12.4. Ceniza de soda

Análogo a polímero de proceso.

Los resultados son:

Tabla 4.91: Resultados obtenidos - Ceniza de soda

D (mg/L)	20
C (g/L)	50
T (hs)	22
q (L/h)	212
Stock (kg)	4664
V (m3)	4,7
Consumo (kg/d)	233,2

4.12.5. Carbón activado en polvo

Análogo a polímero de proceso y ceniza de soda.

Los resultados son:

Tabla 4.92: Resultados obtenidos - Carbón activado en polvo

D (mg/L)	80
C (g/L)	50
T (hs)	22
q (L/h)	848
Stock (kg)	4664
V (m3)	18,7
Consumo (kg/d)	932,7

4.12.6. Cloro

Se calcula el consumo diario mediante la ecuación 4.12.

Para definir el sistema de cloración, interesa conocer la cantidad de envases a estar operando, así como también la cantidad necesaria para reserva. La suma de ambos corresponde a la cantidad total.

$$Nro\ de\ cilindros\ operando = \frac{D \times Q}{q_g \times 1000} \quad (4.18)$$

Donde,

- q_g = Cantidad de extracción diaria (kg/día)
- D = Dosis (mg/L)
- Q = Caudal para el año 2050 (m^3/d)

A partir de la capacidad de los cilindros y la cantidad total se determina cada cuanto tiempo se suministrarán.

Asumiendo un tiempo de stock de 30 días, se requiere una capacidad de almacenamiento de 22 cilindros en planta:

$$T_{stock} = \frac{Nro\ de\ cilindros\ en\ planta \times Capacidad \times 1000}{D \times Q} \quad (4.19)$$

Donde:

- $D = \text{Dosis (mg/L)}$
- $Q = \text{Caudal para el año 2050 (m}^3/\text{d)}$
- $\text{Capacidad (kg)} = \text{Contenido de cilindros}$

Los resultados son:

Tabla 4.93: Resultados obtenidos - Cloro

D (mg/L)	4,8
Consumo (kg/d)	56
q_g	18
Nro de cilindros operando	3
T_{stock} (días)	30
Nro de cilindros en planta (días)	25

4.12.7. Polímero de lodo

El consumo depende de la carga diaria de lodos provenientes del sedimentador y filtros, y de la dosis de sólidos secos.

$$\text{Consumo} = D \times \text{Carga} \quad (4.20)$$

Donde:

- $\text{Consumo (kg/d)} = \text{Consumo del producto.}$
- $\text{Carga (ton/d)} = \text{Carga diaria.}$
- $D \text{ (kgSS/ton)} = \text{Dosis}$

El volumen quedará definido por la concentración establecida.

$$V = \frac{\text{Consumo}}{C} \quad (4.21)$$

Donde:

- $V \text{ (L)} = \text{Volumen diario}$
- $\text{Consumo (g/d)} = \text{Consumo diario}$
- $C \text{ (g/L)} = \text{Concentración}$

El caudal a dosificar se calcula para que la bomba funcione durante un turno de trabajo (8hs):

$$q = \frac{8 \times V}{T_{funcionamiento}} \quad (4.22)$$

Donde:

- $q \text{ (L/h)} = \text{Caudal a dosificar}$
- $T \text{ (h)} = \text{Horas de funcionamiento diario de la planta}$

Los resultados obtenidos para polímero de espesador son:

Tabla 4.94: Resultados obtenidos - Espesador

D (kgSS/ton)	2,5
C (g/L)	5
Carga (ton/d)	0,7
q (L/h)	130,4
V (m3)	0,36
Consumo (kg/d)	1,8

Los resultados obtenidos para polímero de deshidratación son:

Tabla 4.95: Resultados obtenidos - Deshidratación

D (kgSS/ton)	5
C (g/L)	5
Carga (ton/d)	0,7
q (L/h)	260,7
V (m3)	0,7
Consumo (kg/d)	3,6

5. Manual de operaciones

En la presente sección se desarrollan los aspectos a tener en cuenta durante la operación de la planta, a los efectos de brindar los conocimientos requeridos al personal para realizar dicha tarea de manera correcta.

Se indican pautas para la puesta en funcionamiento diario de la planta, los puntos y parámetros de muestreo requeridos para el control de cada etapa y la evaluación del producto final. Se hace énfasis en los requerimientos operativos necesarios para cada unidad, de acuerdo a la evaluación de la planta realizada anteriormente.

5.1. Puesta en funcionamiento

La planta opera en promedio 22 horas diarias. La rutina para su arranque requiere realizar controles y chequeos previos que permitan garantizar un encendido correcto y normal funcionamiento, además de evitar contratiempos que retrasen la puesta en marcha. A continuación se detallan los controles previos requeridos y los pasos para el encendido.

- Controles previos:

1. Análisis de agua bruta: determinación de alcalinidad, pH, turbiedad y color.
2. Controlar disponibilidad de productos químicos. Su stock debe ser el al menos mínimo requerido para la operación continua de la planta. Para esto debe tenerse en cuenta la importancia del producto para el tratamiento, si su procedencia es nacional o importada, el tiempo de adquisición, transporte y sus costos.
3. Controlar que los dosificadores tengan en sus depósitos la cantidad correcta de producto químico. Si fuera necesario, encender los agitadores para homogeneizar la solución y en función de la misma medir la densidad para corroborar la concentración.
4. Verificación de tableros eléctricos, que no hayan señales de alarma.
5. Si las condiciones no han cambiado, el encendido se realizará con la misma dosis de coagulante que el día anterior. En caso de haber cambios en las características del agua, deberá realizarse un ensayo de jarras para determinar la dosis adecuada.
6. Comprobar si el turbidímetro para medir turbiedad se encuentra calibrado. ¹³ En caso de no estarlo, enviarlo a laboratorio central.
7. Controlar que todas las válvulas de salida estén cerradas, especialmente la de agua filtrada.
8. Verificar las curvas de calibración de las bombas y establecer dentro de que condiciones de concentración, viscosidad y presión puedan ser utilizadas.
9. Verificar que las luces de fase estén encendidas (si hubiera) y que el voltímetro marque el valor adecuado.
10. Verificar que las canaletas de recolección estén perfectamente niveladas, de lo contrario se generan corrientes preferenciales que distorsionan el funcionamiento de sedimentador y deberán ajustarse.
11. Controlar nivel de depósito de agua filtrada para encender bombeo hacia la ciudad.
12. Controlar el estado de mangueras y filtro de la bomba dosificadora.

¹³Generalmente es necesario calibrarlos cada 3 meses

■ Encendido:

1. Encender los floculadores mecánicos.
2. Poner en marcha la dosificación de ácido sulfúrico, sulfato de aluminio, polímero de procesos, ceniza de soda y cloro gas.
3. Encender la bomba de baja. Medir el caudal de agua bruta de ingreso a la planta.
4. Controlar que el agua sedimentada tenga calidad adecuada.
5. Abrir válvula de filtrado al desagüe.
6. Medir turbiedad de agua filtrada. Si la medida es inferior a 1 NTU, cerrar válvula de filtrado al desagüe.
7. Abrir válvula de agua filtrada al depósito y poner en marcha el sistema de desinfección y el de post - alcalinización.
8. Encender bomba elevadora.

5.2. En funcionamiento

Estando la planta en marcha, el técnico debe realizar las siguientes operaciones para mantener y mejorar la calidad de agua:

5.2.1. Determinación de parámetros:

En la tabla 5.1 se resumen los instrumentos a utilizar, frecuencia, puntos de muestreo y unidades de medida de los parámetros a determinar de manera diaria.

Debe tenerse presente que en caso de lluvia, será necesario incrementar la frecuencia de muestro para detectar variaciones.

Tabla 5.1: Parámetros a determinar diariamente

	Unidad de medida	Instrumento	Frecuencia	Punto de muestreo
Temperatura	°C	Termómetro	Cada 8 horas	Agua bruta
Turbiedad	NTU	Turbidímetro nefelométrico	Cada 2 horas	Agua bruta
			Cada 2 horas	Agua sedimentada
			Cada 2 horas	Agua filtrada
			Cada 2 horas	Agua elevada
pH		Indicador o pHímetro	Cada 2 horas	Agua bruta
			Cada 1 hora	Agua bruta corregida
			Cada 2 hora	Agua coagulada
Alcalinidad	mg/L de CaCO ₃	Verde de Bromocresol	Cada 2 horas	Agua elevada
			Cada 2 horas	Agua bruta
			Cada 2 horas	Agua bruta corregida
Cloro residual libre	mg/L	Comparador, Discos de color y Reactivo DPD	Cada 2 horas	Agua coagulada
			Cada 2 horas	Agua elevada

■ **Temperatura:**

La temperatura se mide con termómetro en el agua bruta. Su valor afecta directamente a la inactivación de los microorganismos durante la etapa de desinfección y en el gradiente de velocidad para las etapas de coagulación y floculación debido a su incidencia en la viscosidad.

■ **Turbiedad:**

La medida de turbiedad es la principal herramienta de control que se tiene para evaluar el funcionamiento de la planta. De existir un aumento en su valor, se vería afectada directamente la operación.

- Objetivo a cumplir:

El objetivo es que el valor se encuentre debajo de 0,5 y 2 NTU a la salida de la planta y del sedimentador respectivamente.

- Ensayo:

La planta cuenta con turbidímetros instalados en línea al ingreso y a la salida. En los puntos donde se requiere la toma de muestras para ensayos, las mismas se realizan con envases de plástico o vidrio bien limpio, teniendo en cuenta enjuagarla tres veces con la misma agua previo a sacarla.

Se detalla el procedimiento para el análisis con el turbidímetro HACH 2100 instalado en el laboratorio de la planta:

1. Agitar cuidadosamente la muestra sin formar demasiadas burbujas.
2. Esperar que desaparezcan las burbujas de aire.
3. Colocar la muestra en la celda de turbidímetro hasta la marca de nivel, secar la celda con un material que no desprenda pelusa ni raye la celda.
4. Colocar la celda en el compartimento del turbidímetro con la marca hacia adelante y cerrar la tapa.
5. Elegir el rango oprimiendo la tecla 'Range'.
6. Oprimir la tecla 'Read' y anotar la lectura cuando se apague la lamparita del turbidímetro que aparezca en el display.

- Decisiones a tomar según punto de muestro:

Agua sedimentada:

Si la turbiedad es elevada, deberá controlarse el nivel de barros en el sedimentador pudiendo corregirse realizando una purga de lodos y verificar si la dosis de sulfato es correcta, dependiendo del problema identificado.

Agua filtrada:

Deberá establecerse un *Límite de Alerta* para la turbiedad del agua filtrada que siempre debe ser inferior al establecido por normativa (1 NTU). En planta se asumirá un valor objetivo de 0,5 NTU.

Si la turbiedad del agua filtrada fuese mayor o igual al *Límite de Alerta* establecido, deberá verificarse si aumentó la turbiedad de agua decantada y proceder a las verificaciones y correcciones anteriormente indicadas. Si la dosis es adecuada con relación a la calidad del agua bruta y el sedimentador está funcionando correctamente, el problema está en la etapa de filtración y se deberá proceder a lavar el filtro en el cual se detectó el problema.

Agua elevada:

En el caso de que la turbiedad del agua elevada sea superior al *Límite de Alerta* y el de filtrada en las últimas dos horas sea menor, se tendrá que comunicar a la regional, enviar para control de laboratorio una muestra del alcalinizante que se esté usando en ese instante y/o programar una limpieza del depósito de agua filtrada.

▪ **pH:**

Es fundamental su conocimiento para lograr un tratamiento adecuado. Influye directamente en la coagulación, existiendo un pH óptimo para el cual se logra la mayor eficiencia en dicha etapa.

La planta cuenta con pHímetros instalados en línea, para los casos donde las muestras se ensayan en laboratorio, se determina mediante método colorimétrico o potenciométrico.

Método colorimétrico:

Se basa en la reacción de un indicador. Al agregar unas gotas del indicador a una muestra de agua, le da a la misma una cierta coloración que, comparada con una escala o con un disco de color permite determinar el pH. No puede usarse en muestras muy turbias o con mucho color.

Los indicadores usados son: Rojo Cresol para medir pH entre 7,4 y 8,6, y Azul de Bromotimol para medir pH entre 6,0 y 7,6.

Método potenciométrico:

Se basa en la medida de una diferencia de potencial entre electrodos que se amplifica y se mide en un voltímetro. Se utiliza un pHímetro con electrodo de vidrio. Es un método mucho más preciso, se elimina la interferencia del color y la turbiedad, la subjetividad del analista y es independiente de la estabilidad de las soluciones del indicador.

• Objetivo a cumplir:

El agua elevada puede contar con pH entre 6,5 y 8. En planta se establecerá como objetivo pH 7.

• Ensayo:

Método colorimétrico: Procedimiento con escala ¹⁴

1. Colocar 10 ml, medidos con la pipeta graduada, del agua a analizar en un tubo de ensayo.
2. Agregar 0,5 ml, medidos con la pipeta graduada, del indicador correspondiente.
3. Agitar.
4. El color se compara con los tubos de la escala.

Método colorimétrico: Procedimiento con discos coloreados:

1. Colocar en el tubo de la izquierda un tubo con el agua a analizar.
2. En el tubo de la derecha colocar un tubo con 10ml de la muestra y 0,5ml del indicador.
3. Girar el disco hasta encontrar el color más próximo al de la muestra.
4. Anotar el valor de pH que indica el disco.

Método potenciométrico:

Cada equipo deberá ser calibrado diariamente y contener un manual indicando el mantenimiento y forma de operación.

¹⁴Las escalas de pH duran aproximadamente 6 meses, luego deben cambiarse solicitándolo al Laboratorio Central.

En lo posible la muestra deberá realizarse en el lugar de extracción y la determinación del pH realizada enseguida de abrir el frasco que contiene a la misma.

■ **Alcalinidad:**

Es primordial que el agua tenga alcalinidad suficiente para reaccionar con el ácido sulfúrico y sulfato de aluminio agregados durante la coagulación. Por otro lado, en el caso de ser muy alta, incrementará la dosis requerida de cada producto.

La alcalinidad se expresa en mg/l de carbonato de calcio (CaCO_3).

● Objetivo a cumplir:

La alcalinidad del agua coagulada deberá ser mayor a 10 mg/L de CaCO_3 .

● Ensayo:

La muestra se valora con ácido sulfúrico 0,02 N, utilizando Verde de Bromocresol, el cual presenta cambio de color a pH de 4,5.

Se debe determinar la alcalinidad del agua bruta, agua bruta corregida y agua coagulada cada dos horas para controlar la dosis de ácido sulfúrico y de sulfato de aluminio. Si la alcalinidad se mantiene, entonces se asume que la dosis también se mantendrá.

■ **Cloro residual:**

La medida del cloro residual en el agua tratada es la herramienta de control para asegurar la correcta desinfección del agua.

La determinación es colorimétrica, consistente en el desarrollo de color al poner en contacto el reactivo DPD (a base de dietil-p-fenilén diamina) con la muestra de agua que posee cloro. La intensidad del color es proporcional a la concentración de cloro.

● Objetivo a cumplir:

El agua filtrada deberá tener aproximadamente 0,1 mg/L de cloro residual libre.

El agua elevada deberá tener cloro residual libre inferior a 2,5 mg/L, en la planta el valor objetivo es de 1,5 mg/L.

● Ensayo:

La determinación analítica es realizada mediante el método del DPD, cuyos pasos son:

1. Colocar 10 mL de muestra en la celda izquierda del comparador.
2. Llenar la celda derecha con 10 mL de la muestra y además colocar una pastilla de DPD.
3. Agitar la celda derecha para realizar la mezcla y esperar 1 minuto.
4. Se gira el disco hasta igualar los colores en ambas celdas. El valor obtenido en la lectura es el cloro residual libre.

5.2.2. Controles de funcionamiento, tareas diarias y mantenimiento de unidades:

■ Controles:

- Controlar el giro de los floculadores y al menos una vez al día verificar la velocidad de rotación de los mismos.
- Control general del proceso, realizando inspección visual para verificar que se observe formación de flóculos con tamaño y consistencia adecuada a lo largo de las unidades de floculación. Asimismo, verificar que no se observen nubes de flóculos saliendo con el agua clarificada en el sedimentador.
- Controlar que la turbiedad de agua sedimentada no supere el máximo establecido.
- Controlar que el nivel de agua en los filtros mixtos sea adecuado.
- Controlar el nivel de agua en el depósito de agua filtrada.
- Controlar el nivel de agua en el tanque de distribución.
- Controlar el consumo y temperatura de los motores. Una empresa contratada para este fin concurrirá una vez al mes a realizar el chequeo.

■ Tareas diarias:

● Lavado de filtros mixtos:

○ Motivos para realizar el lavado:

- ◇ Si la turbiedad del agua filtrada supera el *Límite de Alerta* establecido.
- ◇ Cuando la pérdida de carga en la batería de filtros oscile en el entorno de 0,20 m.
- ◇ Si la carrera cumplió las 48 hs.

El objetivo es eliminar las partículas retenidas en el lecho filtrante durante la carrera del filtro.

○ Procedimiento de lavado:

El proceso se realiza a contralavado. Los pasos son los siguientes:

1. Cerrar la compuerta de ingreso de agua sedimentada del filtro que va a lavarse.
2. Abrir la compuerta de desagüe de la canaleta de agua de lavado. En ese momento parte del agua filtrada en las demás unidades pasará a ingresar a contracorriente en el filtro a ser lavado, arrastrando las partículas retenidas en el lecho filtrante durante la carrera del filtro.
3. Luego de unos dos minutos en esta situación, se comenzará el suministro de aire a una tasa de aproximadamente 11 m/h (1.7 m³/min). Se tendrá especial cuidado de no sobrepasar ni la presión, ni el caudal, necesarios a efectos de provocar daños indeseados en la estructura o en los elementos componentes del sistema así como la pérdida del material filtrante.
4. Realizar el lavado durante 5 minutos aproximadamente, regulándose el tiempo en planta.
5. Abrir compuerta de ingreso de agua sedimentada.
6. Abrir la válvula de salida de agua filtrada hacia el desagüe hasta que el agua filtrada tenga una turbiedad menor a 1 NTU. Aproximadamente por 1 o 2 minutos.
7. Al alcanzarse turbiedades menores de 1 NTU, cerrar la válvula de salida de agua filtrada al desagüe.

8. Abrir la válvula de salida de agua filtrada hacia los filtros CAG.

■ Lavado de filtros CAG:

Los filtros serán lavados con agua proveniente de los filtros mixtos cuando se estime necesario desde el punto de vista operativo. Se procederá al lavado de uno en uno y no simultáneamente.

La tasa de lavado es de 0,9 m/min. Las etapas serían las siguientes:

- Apagar la bomba que alimenta los filtros CAG para realizar las maniobras en las distintas válvulas.
- Cerrar la válvula de ingreso de agua en cada uno de los filtros.
- Cerrar la válvula de salida de agua de lavado en todos los filtros, salvo en el que se vaya a lavar. De esta forma bajará el nivel del filtro encima del nivel del manto.
- Abrir la válvula de ingreso de agua de lavado en el filtro que se vaya a lavar.
- Encender y ajustar la bomba para el lavado aumentando de a poco su velocidad de giro hasta suministrar un caudal de lavado correspondiente al de toda la producción de la planta. La duración de esta etapa es de 10 minutos.
- Apagar la bomba.
- Abrir la válvula de entrada de agua en cada filtro y cerrar lentamente la válvula de ingreso de agua de lavado.
- Encender y ajustar la bomba para el filtrado. Filtrar el agua hacia el desagüe durante un par de minutos.
- Abrir la válvula de salida de agua filtrada y cerrar la válvula de salida de agua a desagüe.

■ Mantenimiento de unidades:

- Limpieza de tanque CAP, floculadores y sedimentadores.
Debe realizarse en los períodos que aconseje el técnico responsable, no superior a 2 meses. Consiste en descargar toda el agua y los lodos, remover depósitos que hayan en las paredes y manguerear toda la unidad.
- Mantenimiento de dosificadoras:
De manera periódica debe realizarse mantenimiento preventivo y limpieza de las bombas, atendiendo a las recomendaciones de los fabricantes. Además, todos los meses, deben limpiarse las conexiones y las tuberías de todas las bombas dosificadoras que se usaron en el período, dicha operación consiste en hacer pasar agua filtrada a través de dichos elementos. Las membranas de las dosificadoras deben ser revisadas por un mecánico en período menor a un año.
- Limpieza de tanques:
Los tanques de preparación de productos químicos deben ser limpiados periódicamente para eliminar los depósitos que se puedan formar.
- Mantenimiento de filtros mixtos:
Deben realizarse limpiezas superficiales (en un período de tiempo no superior a los 2 meses, similar al resto de las unidades) y especiales a los filtros para el mantenimiento del manto de arena (cada 6 meses).

Este último se hace con soda cáustica pudiendo llevarse a cabo con mayor frecuencia en caso de ser necesario. Se realiza para obtener una limpieza profunda, eliminando elementos adheridos y así prolongar la vida útil del filtro. Dicho producto se obtiene mediante pedido a Almacenes de OSE.

1. Cerrar el ingreso de agua sedimentada al filtro.
2. Cerrar la válvula de agua filtrada al depósito de agua clarificada, dejando un nivel de agua a la altura de la canaleta de lavado.
3. Agregar las cantidades indicadas del producto necesario, buscando que se distribuya en todo el filtro sin desacomodar la arena.
4. Abrir la válvula de filtrado al desagüe hasta que el nivel de agua quede unos 10 cm por encima del lecho de arena, de manera tal que la solución del producto ingrese dentro del manto de arena.
5. Transcurridas 24 horas, abrir la válvula de filtrado al desagüe y eliminar toda el agua contenida en el filtro.
6. Efectuar un lavado a contracorriente del filtro.

5.2.3. Apagado

Los pasos a seguir son:

1. Cerrar la llave del agua filtrada al depósito de agua clarificada.
2. Apagar la bomba de baja y las bombas dosificadoras.
3. Apagar el sistema de desinfección y los demás productos químicos que se estén aplicando al agua.
4. Apagar los agitadores.
5. Apagar equipo de bombas elevadoras.
6. Bajar la llave de fuerza motriz de la planta para asegurar que los equipos no queden con tensión.

5.3. Consideraciones para cada unidad:

■ Tanque CAP:

La aplicación de carbón activado en polvo no se realizará de manera continua, pudiéndose aplicar ante eventos de olor y sabor o de manera preventiva cuando se detectan problemas en zonas cercanas que puedan afectar la calidad del agua bruta.

En el caso de detectar posible presencia de algas en el río, como primer medida se realizará en planta un ensayo rápido que permita medir el biovolumen usando papel whatman 40 para medir velocidad de filtración, lo cual brinda una primera idea de si hay algas. Al mismo tiempo, se aplica carbón activado en polvo de manera preventiva. Además, se realiza el ensayo de toxinas: 'Test de ELISA' para un mejor conocimiento de la magnitud del evento.

El lavado se llevará a cabo cada 2 meses, de modo de garantizar el mantenimiento de la unidad.

■ **Coagulación:**

En esta etapa se agrega el coagulante para cumplir la función de desestabilizar las suspensiones coloidales para que en la unidad de floculación las mismas se aglomeren aumentando su peso específico, y se remuevan posteriormente en la sedimentación.

Comienza con una etapa de coagulación acentuada mediante la aplicación de ácido sulfúrico y posteriormente sulfato de aluminio lo cual generará un descenso del pH y la alcalinidad.

Al aplicar ambos productos, se producirá una variación en el pH con el objetivo de descenderlo a un valor de 6, por tanto será necesario post alcalinizar el agua a la salida de la desinfección con el fin de elevar el agua a un pH de 7, valor recomendado por normativa. Las instalaciones de la planta fueron diseñadas para poder aplicar ambos productos aún en la condición de alcalinidad y pH de agua bruta máximos. Considerando un valor máximo de alcalinidad de 127 mg/L y de pH de 7,6, las dosis a aplicar serían de 18 mg/L de ácido y de 67 mg/L de sulfato de aluminio para obtener un pH de 6 al finalizar la etapa de coagulación.

Ante eventos de lluvia deberá realizarse ensayo de jarras para ajustar el valor de dosis a aplicar. Este ensayo consiste en tomar muestra del agua bruta y colocarla en 6 jarras de igual tamaño con diferente dosis de sulfato. Se elige la jarra en la que se obtenga menor turbiedad residual, y la dilución correspondiente será la adecuada a usar. Para su realización se debe previamente determinar los gradientes de velocidad en el proceso de floculación, tiempo de retención en cada floculador y tasa del proceso de sedimentación.

El ácido sulfúrico será bombeado hacia el punto de inyección en la mezcla rápida como producto puro. Mientras que el sulfato de aluminio será bombeado a su concentración original y se diluirá en línea a una concentración preferentemente entre 1 a 2%. Se debe instalar un rotámetro para ajustar el caudal de agua de dilución.

Además de la post alcalinización mencionada, en invierno puede ser necesario pre alcalinizar para contar con alcalinidad suficiente al aplicar sulfato de aluminio. Se cuenta con volumen de respaldo en los tanques de ceniza de soda para aquellos casos en que sea necesario dosificar en mayor cantidad.

■ **Floculación:**

El proceso de floculación debe realizarse bajo condiciones controladas dado que si la agitación fuese demasiado rápida, se puede generar rotura de flóculos ya formados, mientras que si fuera demasiado lenta, puede ocasionar flóculos esponjosos, difíciles de sedimentar.

Si bien en los floculadores hidráulicos no es posible variar el gradiente, sí se puede ajustar el mismo en los floculadores mecánicos. Para esto se realiza el ensayo de jarras, manteniendo la dosis óptima determinada en la etapa de coagulación y cambiando la velocidad de las paletas para poder determinar diferentes gradientes de velocidad. De esta manera se selecciona el gradiente adecuado y a partir de este resultados, se regularán los motores a la velocidad deseada.

En esta etapa se aplica polielectrolito como ayudante, cuya elección y dosis correspondiente puede realizarse mediante ensayo de jarras, teniendo especial cuidado en no seleccionar una dosis por encima de las admitidas por los organismos certificadores del producto. La frecuencia de realización del ensayo podrá ser semanal. En el caso de haber cambios en la

característica del agua (como variaciones en ph, turbiedad, alcalinidad o temperatura), se deberá realizar el ensayo para ajustar las dosis.

El lavado se llevará a cabo cada 2 meses, de modo de garantizar el mantenimiento de la unidad.

■ **Sedimentación:**

La sedimentación se realiza a través de sedimentadores de flujo laminar. El agua ingresa a través de un ducto de distribución ubicado en la parte inferior de la unidad y luego asciende a través de las placas, donde sedimentan las partículas. El lodo sedimenta hacia el fondo, y el agua clarificada se recoge mediante canaletas con vertederos laterales.

La extracción de los lodos, por simple acción de la presión hidráulica, se realiza desde el exterior, mediante la operación de válvulas.

La limpieza se llevará a cabo cada 2 meses, de modo de garantizar el mantenimiento de la unidad.

■ **Filtración rápida**

La filtración es la última etapa donde se da la remoción física de partículas que no fueron sedimentadas. El ingreso a los filtros mixtos se realiza a través de compuertas ubicadas en el ducto de distribución de agua clarificada y pasa a través del manto filtrante encargado de retener a las partículas. El agua ya filtrada es bombeada hacia las unidades de filtración con carbón activado granular.

Antes del ingreso a esta etapa se realiza el proceso de intercloración, inyectando agua clorada al ducto de distribución para asegurar una desinfección previa en los filtros. Se aplica aproximadamente una dosis de 0,3 mg/L para obtener 0,1 mg/L de cloro residual.

La limpieza superficial se llevará a cabo cada 2 meses, mientras que la limpieza especial cada 6 meses, de modo de garantizar el mantenimiento de la unidad.

■ **Filtración CAG**

Antes de ingresar a la etapa de desinfección, el agua pasa por otra etapa de filtración mediante la adsorción de carbón activado granular para realizar el último pulido.

El agua proveniente de la filtración mixta, se bombea hacia el ingreso de los tanques distribuyéndola mediante un sistema de tuberías interconectadas para luego ser conducidas hacia la desinfección.

Se deberá inspeccionar cada 6 meses la unidad.

■ **Desinfección:**

La desinfección tiene por objetivo garantizar la potabilidad del agua desde el punto de vista microbiológico, asegurando la inactivación de microorganismos.

La dosis de cloro a aplicar se ajusta en función de la cantidad de cloro residual que se desee obtener a la salida de la planta, y depende de los valores de pH y temperatura del agua. Se estima que la relación cloro a aplicar / cloro residual es de 3 a 1 aproximadamente. Puede obtenerse un valor más exacto si se construyera la curva breakponit de consumo del producto.

El objetivo de la planta es obtener un valor aproximada de 1,5 mg/L a la salida del tanque que asegurará la correcta desinfección en toda la red de distribución. Si bien este valor se encuentra por debajo del límite establecido por normativa (2,5 mg/L) es detectable para la población instalada en la cercanías de la planta. Debe prestarse especial atención durante los cambios de estación debido a las alteraciones de temperatura.

El desinfectante utilizado es cloro gas, proporcionado en cilindros de acero de 68 kg.

■ **Tratamiento de lodos:**

El tratamiento de lodos se efectúa para reducir su volumen y poder así transportarlos hacia un sitio de disposición final y reducir el impacto ambiental que genera la descarga en el río.

Como parte del proceso se realiza la incorporación de polímeros en dos puntos del tratamiento como ayudante para la desestabilización y posterior floculación y deshidratación. La combinación utilizada es polímero aniónico (en tanque espesador) y luego adición de polímero catiónico (en deshidratación).

El acondicionamiento requiere una mezcla completa del lodo con el coagulante. El mezclado no debe romper los flóculos formados y el tiempo de retención debe ser mínimo, de modo que llegue a la unidad de deshidratación tan pronto como sea posible.

El equipo de mezclado varía dependiendo del método de deshidratación. El filtro de bandas requiere de un tanque pulmón y un tanque espesador separados.

Cuando se requiera mantenimiento del filtro, o por alguna razón no pueda emplearse, se cuenta con un sistema de respaldo para la deshidratación de los lodos a través de geotubos instalados en la planta.

Se debe realizar inspección visual diaria para corroborar que el producto final se encuentre en condiciones adecuadas. El lavado se realizará cuando se lo considere necesario.

Se detallan los pasos para operar el sistema de tratamiento de lodos:

● Primera línea de generación de lodos (provenientes del sedimentador):

El sistema de purga de los sedimentadores trabaja alternadamente, no pudiéndose purgar ambos al mismo tiempo. Se realizan dos purgas diarias de los mismos.

1. Abrir válvula Pinch de uno de los sedimentadores, permitiendo 30 % de pasaje durante 2 minutos.
2. Cerrar válvula Pinch.
3. Abrir válvula Pinch del otro sedimentador también a un 30 % durante 2 minutos.
4. Cerrar válvula Pinch.
5. Se conduce el lodo hacia Cámara 1.
6. Se conduce el lodo por gravedad desde Cámara 1 hasta Cámara 2.

● Segunda línea de generación de lodos (provenientes de los filtros):

1. Una vez lavado el filtro, se abre la compuerta y se conduce el agua de lavado por gravedad hasta Cámara 1.
2. El lodo se conduce por gravedad desde Cámara 1 hasta Cámara 2.

- Se acumula el volumen generado diario en el tanque pulmón.
- Bombear el lodo desde el tanque pulmón al tanque espesador.
- Bombear el lodo desde el tanque espesador al filtro de bandas durante (6 hs diarias aproximadamente).

Se recomienda por seguridad no realizar purga de lodos del sedimentador en simultaneo con el lavado de filtros.

En aquellos casos que sea necesario realizar tareas de mantenimiento en el filtro de bandas, el bombeo de los lodos del tanque espesador se desviarán hacia los geotubos instalados la explanada compactada.

5.4. Productos químicos:

En los siguientes párrafos se presentan aspectos fundamentales a tener en cuenta para realizar una correcta manipulación de los productos químicos con los que se lleva a cabo el tratamiento en la planta, así como también consideraciones en cuanto a sus instalaciones.

5.4.1. Manejo de productos químicos

- Ácido sulfúrico:

El ácido sulfúrico provoca fuertes quemaduras en caso de estar en contacto con la piel o con los ojos. Además, la inhalación de sus vapores provoca daños a los pulmones. Debido a esto, el equipamiento necesario para el personal consiste en máscara de protección, botas de PVC, guantes para la manipulación, traje de hule y lentes.

- Sulfato de aluminio:

El sulfato de aluminio no es considerado un producto peligroso. Sin embargo, el personal deberá cubrirse los ojos, la piel y mucosa, con guantes para la manipulación, traje de hule, lentes y mascarilla de protección facial a causa de la irritabilidad que puede generar el producto.

- Polímero:

El polímero debe contar con autorización para su uso en tratamiento de agua potable, especificando la dosis máxima permitida. Esto es de importancia dado que, en dosis altas, puede generar compuestos característicos indeseables. No existen peligros en el manejo de este producto pero de todas formas, por seguridad, los operarios deben utilizar guantes y lentes para proteger piel y ojos.

- Ceniza de soda

El equipamiento necesario consiste en botas de PVC, guantes para la manipulación, traje de hule y lentes.

- Cloro gas

El cloro gas es un irritante respiratorio primario, el cual en concentraciones suficientes irrita las membranas mucosas, el sistema respiratorio y la piel. En casos extremos, donde haya un aumento en la dificultad para respirar, puede ocurrir la muerte por sofocación. Por este motivo resulta imprescindible contar con los elementos de seguridad detallados a continuación:

- Equipos de protección personal
- Kit de emergencia tipo A aprobado por el Instituto de Cloro de Estados Unidos
- Guantes y botas de PVC con aislación térmica.
- Traje enterizo con capucha que asegure el aislamiento de muñecas, tobillos y cuello fabricado en polipropileno (material impermeable al cloro).
- Botella con amoníaco de 26°, para detección de fugas de cloro.

Se destaca que todos los elementos de protección personal deberán ser adecuadamente mantenidos, realizando inspecciones mensuales y sustituyendo aquellos que se encuentren defectuosos o gastados.

- Carbón activado en polvo

Si bien no existen peligros para el manejo del producto, el personal deberá protegerse manos y ojos mediante guantes y lentes.

- Soda cáustica:

Se debe evitar el contacto con ojos y piel dado que puede producir quemaduras.

El personal deberá contar con botas de PVC, guantes para la manipulación, traje de hule, mascarilla de protección facial y antiparras.

5.4.2. Instalaciones requeridas

- Ácido sulfúrico:

El ácido sulfúrico debe almacenarse a la intemperie, en tanque de acero, cubierto por un cuba de hormigón armado y techada. En cuanto a la carga y descarga se dispondrá de un lugar adecuado, de forma que el camión cisterna descargue el producto fácilmente y de manera segura.

- Sulfato de aluminio:

El producto se proveerá en forma líquida. Los tanques de almacenamiento deben ser de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), con resinas políester tereftálica y una barrera interna de bifenolada. Además, tendrán pintura blanca en su exterior como protección ante rayos ultravioleta. En cuanto a la carga y descarga se dispondrá de un lugar adecuado, de forma que el camión cisterna descargue el producto fácilmente y de manera segura. Además, en el sitio donde se realice la descarga, se contará con productos de neutralización como arena para ser utilizada en caso de derrames.

- Polímero:

El producto se proveerá en forma sólida y será acopiado en bolsas de 25 kg, apiladas y sobre tarimas de madera para aislarlas de la humedad del piso y de las paredes, debiendo dejar espacio libre para la circulación. Debe almacenarse en un sitio seco, por lo cual se contará con aire acondicionado a temperatura ambiente.

Cada tanque de preparación deberá contar con un agitador mecánico de eje vertical y flujo axial, con paletas planas inclinadas.

- Ceniza de soda:

El producto se proveerá en forma sólida y será acopiado en bolsas de 25 kg, apiladas y sobre tarimas de madera para aislarlas de la humedad del piso y de las paredes, debiendo dejar espacio libre para la circulación.

Cada tanque de preparación deberá contar con un agitador mecánico de eje vertical y flujo axial, con paletas planas inclinadas.

- Cloro gas:

Las áreas utilizadas para depósito o dosificación de cloro deben contar solamente con productos químicos y equipos relacionados con la cloración. No deben utilizarse para almacenar otro tipo de materiales.

En la zona de almacenamiento se debe contar con medidor ambiental para detectar fugas a tiempo, junto a señales lumínicas y sonora de alarma, con ventilación forzada generada por un extractor de aire, kit de seguridad para sellar los cilindros y equipo autónomo para acceder a la zona con respirador. Aquí se ubican los cilindros llenos y vacíos. Los cilindros son de acero y tienen una capacidad de 68 kg. Es necesario prever espacio suficiente para la descarga y movimiento de los cilindros. Aquellos almacenados se dispondrán en fila y se deberá dejar previsto un corredor de circulación. Los mismos deben someterse a pruebas de presión a intervalos regulares.

La sala de servicio, compuesta por los cilindros conectados y de reserva, es donde se tendrá sistema de extracción de gas cloro. Los cilindros se deben colocar en posición vertical sobre balanza, con lo cual el control de cantidad de cloro disponible se realizará por pesaje continuo. El manifold instalado abastecerá a los cilindros en uso. Mientras uno de los cilindros se encuentre en operación el siguiente estará en espera, lleno y conectado. Esto permitirá la entrada en funcionamiento del siguiente cilindro (en espera) cuando el anterior haya agotado el cloro.

La entrada en servicio del cilindro en espera se realizará mediante el sistema Switch Over el cual está compuesto por un panel de control y dos válvulas reguladoras de presión y vacío para cada cilindro. Su funcionamiento consiste en detectar cuando un cilindro se vacía para luego cerrar el pasaje hacia el mismo y habilitar la toma en el que se encuentra en espera.

Los equipos cloradores deberán estar aislados del resto de la casa química. De esta manera en caso de producirse una fuga no se verá afectado el personal que se encuentra trabajando ni tampoco la maquinaria.

El área de almacenamiento de cloro y la de instalación de los cloradores deben tener puertas que se abran hacia afuera, con vidrio en la parte superior.

- Carbón activado en polvo:

El producto se proveerá en forma sólida y será acopiado en bolsas de 25 kg, apiladas y sobre tarimas de madera para aislarlas de la humedad del piso y de las paredes, debiendo dejar espacio libre para la circulación. Debe almacenarse en un sitio seco, por lo cual se contará con aire acondicionado a temperatura ambiente.

Cada tanque de preparación deberá contar con un agitador mecánico de eje vertical y flujo axial, con paletas planas inclinadas.

- Soda cáustica:

Para adquirir soda cáustica se debe solicitar a almacenes generales de OSE para que realice el envío a planta. Se almacena en tanque de PRFV.

6. Anexos

1. Planos
2. Costos
3. Decreto Nro 315/994
4. Norma Interna de Calidad de Agua Potable de OSE
5. Decreto Nro 253/79
6. Proyecto de reglamento de calidad de agua potable (URSEA)
7. Agitador de flujo axial y de eje horizontal (Xylem)
8. Bomba FLYGT modelo NP - 3231/605
9. Dosificadora Seko Italiana - Tekna Evo Analógica
10. Dosificadora Seko Italiana - PS1D064B
11. Catálogo Carbotecnia
12. Curvas pérdida de carga en manto filtrante - Nordic Water Southamerica

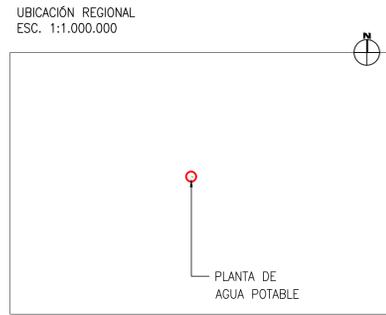
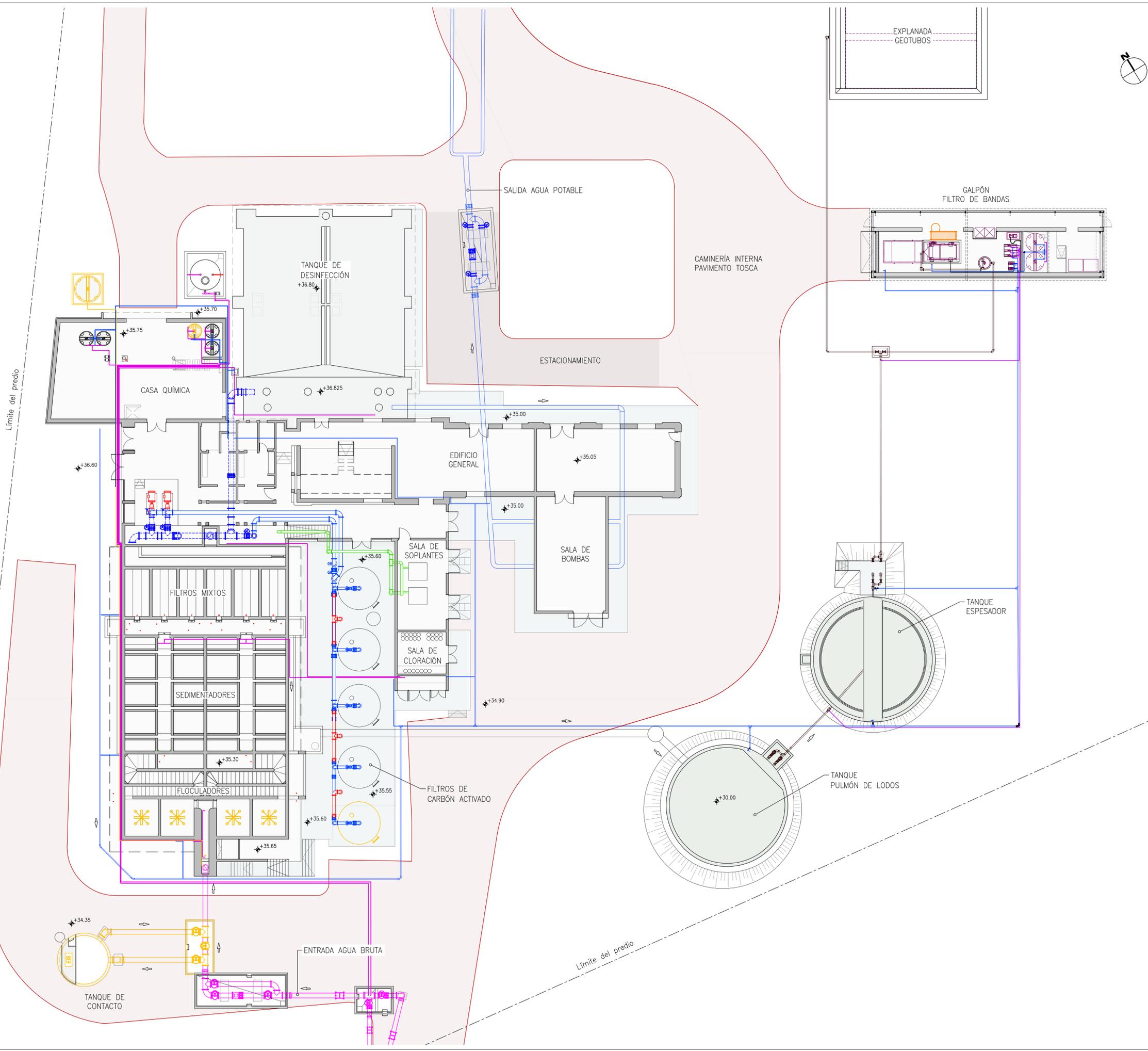
Referencias

- [1] D'Angelo, Mauro. *Notas del curso Ejercicios de Ing. Sanitaria, año 2019.*
- [2] Ríos, Danilo. *Diapositivas del curso Potabilización de Aguas 2014, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.*
- [3] Lopez, Julieta. *Diapositivas del curso Sistemas de Conducción en Ingeniería Sanitaria 2018, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República*
- [4] Amorín, Carlos. *Diapositivas del curso Calidad de Aguas 2017, Facultad de Ingeniería Universidad de la República*
- [5] OSE. (2014). *Operadores de Plantas Potabilizadoras de Aguas Superficiales.* [EN LINEA] extraído de: http://www.ose.com.uy/descargas/reclutamiento/manual_de_usinas082014.pdf
- [6] Instituto Nacional de Estadística. *Censos INE* [EN LINEA] extraído de: <http://www.ine.gub.uy/web/guest/censos2>
- [7] MVOTMA. (2017). *Plan Nacional de Aguas.* [EN LINEA] extraído de: <http://www.mvotma.gub.uy/ciudadania/item/10008231-propuesta-del-plan-nacional-de-aguas.html>
- [8] Arboleda Valencia, Jorge. *Teoría y práctica de la purificación del agua*, tercera edición. Editorial NOMOS S.A. Colombia, 2000.
- [9] Vargas, L., Maldonado, V., Barrenechea, A., Aurazo, M. *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente, 504.* (2004)
- [10] Barrenechea, A., Aurazo, M. *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente, 504.* (2004).
- [11] Azevedo Netto, José. *Tratamento de água. Tecnologia Atualizada..* Editora Edgard Blucher Ltda, Sao Paulo - SP - Brasil. 1991.
- [12] OSE.(2013) *Memoria Descriptiva y de Cálculo* Planta de Tratamiento de agua de la Ciudad de Treinta y Tres. Vol II. Capítulo V.
- [13] DINAMA. INTENDENCIA DE TREINTA Y TRES. *Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible. Ley N 18.308* [EN LINEA] extraído de: <http://www.33.gub.uy/!/ordenamiento-territorial/>
- [14] URSEA.(2011) *Proyecto de reglamento de calidad del agua potable.*
- [15] Blanes, A., Koolhaas, M., Nathan, M. (2014). *Estimaciones y proyecciones de la población de Uruguay: metodología y resultados. Revisión 2013.* [EN LINEA] extraído de: <http://www.ine.gub.uy/web/guest/estimaciones-y-proyecciones>
- [16] PODER EJECUTIVO. *Decreto 253/79 con modificaciones.*
- [17] OSE - BIRF. (2012) *Proyecto OSE Sustentable y Eficiente. Evaluación Ambiental y Social.* [EN LINEA] extraído de: http://www.ose.com.uy/descargas/pfe/esmpfinaldraft_mayo09x.pdf

- [18] OSE (2012) *Norma Interna de Calidad de Agua Potable*
- [19] DINASA-MVOTMA *Inundaciones y drenaje urbano. Informe final caso piloto Treinta y Tres - Inundaciones de ribera*
- [20] Ríos, Danilo. *Riesgos biológicos y subproductos de la desinfección en el agua de bebida, año 2006.*
- [21] DINACEA (Ex. DINAMA). (2021). *Evaluación de la calidad de agua de la cuenca de la Laguna Merín.* [EN LINEA] extraído de: [https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DCAInforme – evaluaci%C3%B3n – calidad – de – aguaLaguna – Mer%C3%ADn – 2015 – 2019.pdf](https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DCAInforme%20evaluaci%C3%B3n%20calidad%20de%20aguaLaguna%20Mer%C3%ADn%202015%202019.pdf)
- [22] CONAGUA. (2015). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Tratamiento y disposición de lodos.* [EN LINEA] extraído de: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>

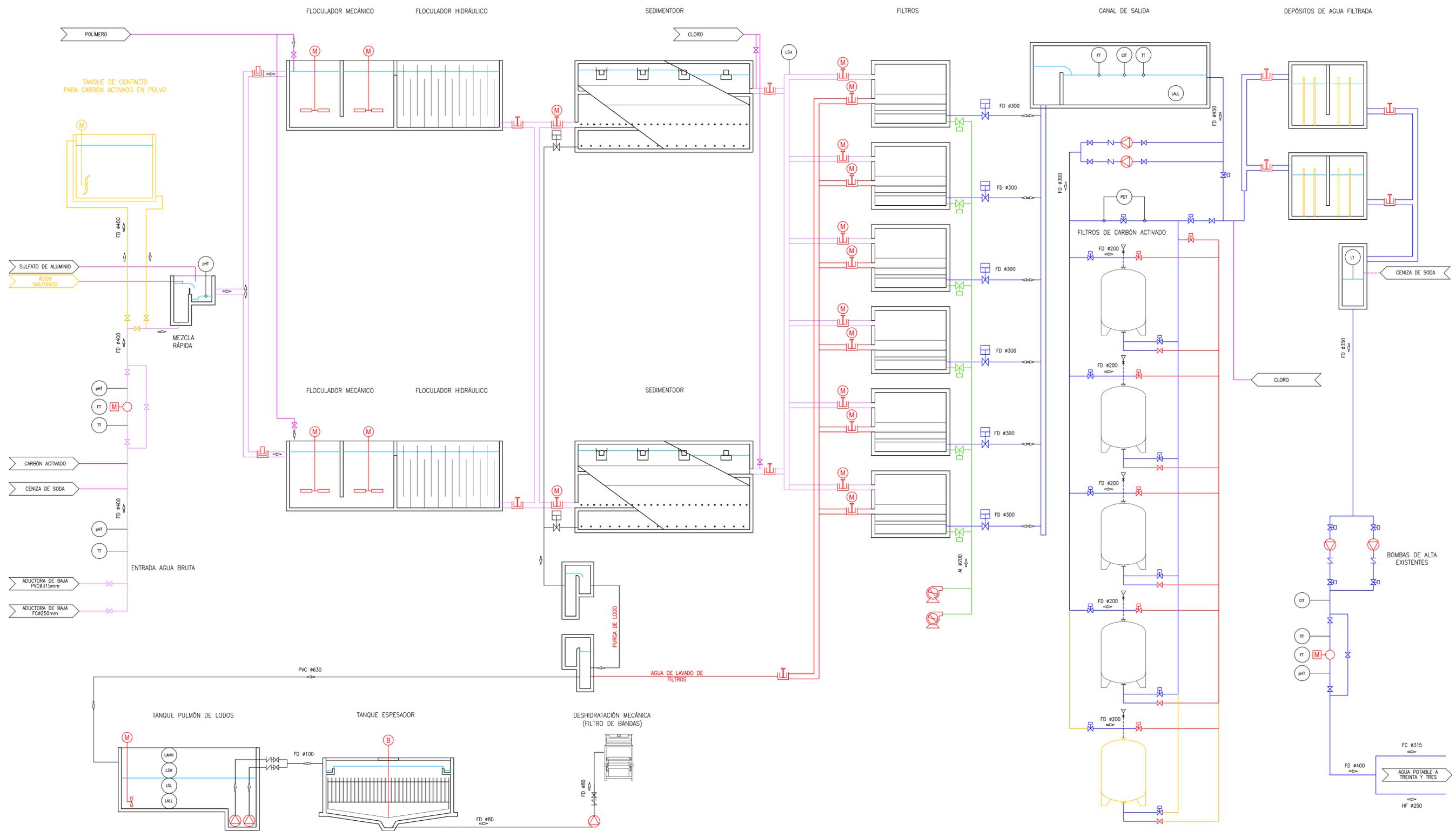
ANEXO 1

Límite del predio



- REFERENCIAS:
- AGUA BRUTA
 - AGUA POTABLE
 - AGUA DE LAVADO
 - PRODUCTOS QUÍMICOS
 - VENTILACIÓN
 - MODIFICACIONES
 - LODOS

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR			
Ubicación:	TREINTA Y TRES	Departamento:	TREINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE			
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE			
Archivo:	PLANTA UBICACION.dwg	Fecha:	18/04/2021
Plano:	UBICACIÓN GENERAL		Plano n°:
Estudiantes:	CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PERDOMO	Tutores:	JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS
			Escala:
			01
			INDICADAS



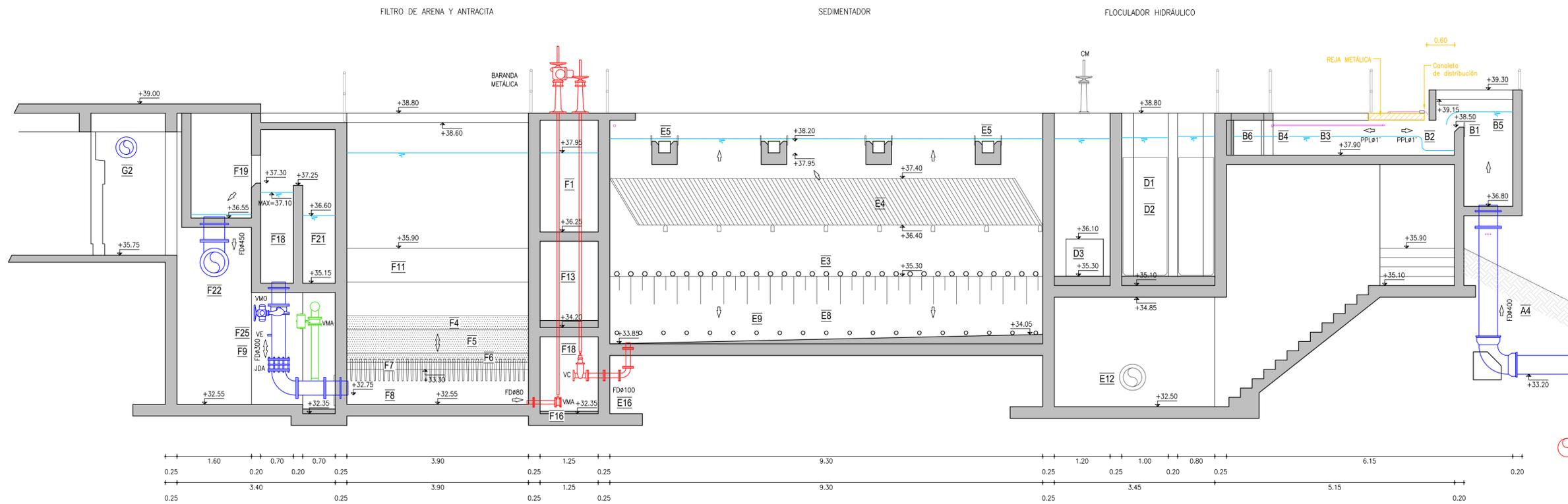
- REFERENCIAS:
- | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|---------------------|--|-------------------|--|------------------------------|--|-------------------------------------|
| | VALVULA MODULANTE | | CAUDALIMETRO | | COMPUERTA MANUAL | | PH-METRO | | ALARMA DE NIVEL MUY ALTO |
| | VALVULA MANUAL | | FLOCULADOR MECÁNICO | | COMPUERTA ACTUADA | | MEDIDOR DE CAUDAL | | INTERRUPTOR DE NIVEL BAJO |
| | VALVULA ACTUADA | | STOPLOG | | BOMBA | | SENSOR DE NIVEL | | ALARMA DE NIVEL MUY BAJO |
| | VALVULA DE AIRE | | AGITADOR SUMERGIBLE | | SOPLANTES | | TURBIDIMETRO EN LINEA | | PRESIÓN DIFERENCIAL CON TRANSMISIÓN |
| | VALVULA DE RETENCIÓN | | | | | | ANALIZADOR DE CLORO RESIDUAL | | |

REFERENCIAS:

- AGUA BRUTA
- LODOS
- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR	
Ubicación: TREINTA Y TRES	Departamento: TREINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE	
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo: ProjFinal.dwg	Fecha: 18/04/2021
DIAGRAMA DE FLUJO	
Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PESORNO	Tutores: JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS
	Plano n°: 02 Escala: .

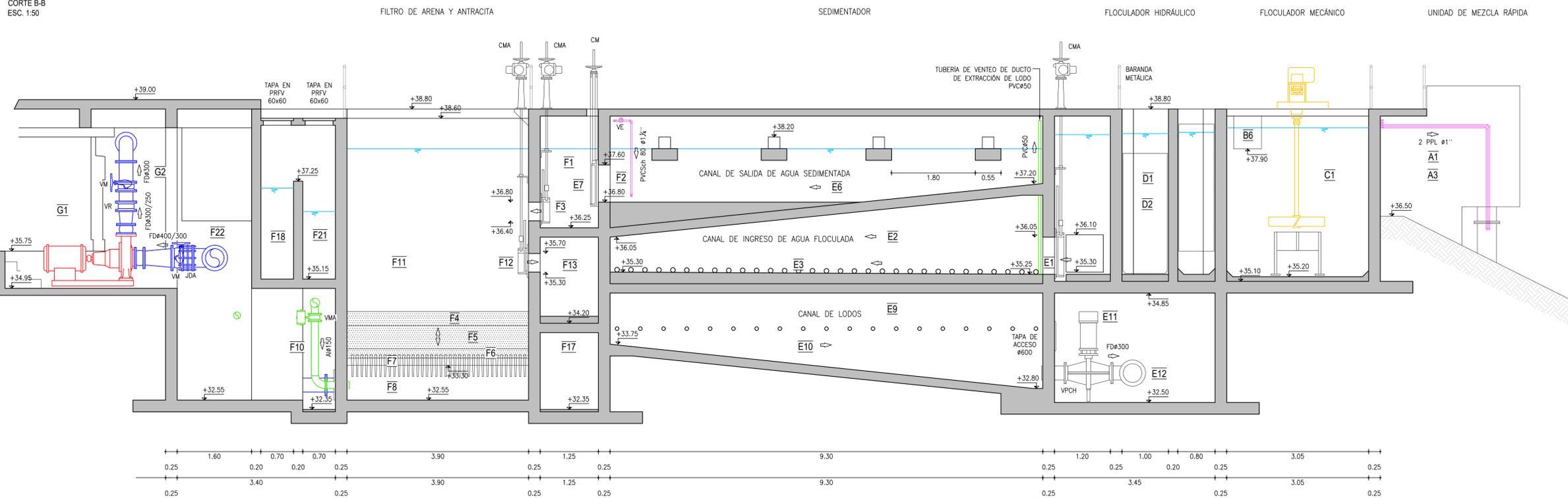
CORTE A-A
ESC. 1:50



REFERENCIAS:

- A. ADUCTORA DE AGUA BRUTA
1. PUNTO DE APLICACIÓN DE CARBÓN ACTIVO
2. PUNTO DE APLICACIÓN DE ALCALINIZANTE (PREALCALINACIÓN)
3. TUBERÍA DE ENTRADA FD 400 mm
- B. MEZCLA RÁPIDA
1. VERTEDERO RECTANGULAR DE PARED FINA (L=60cm)
2. PUNTO DE APLICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO
3. CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA COAGULADA
4. PUNTO DE APLICACIÓN DE POLÍMERO
5. PUNTO DE APLICACIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO
6. STOP-LOG DE BLOQUEO DE ENTRADA A FLOCULADORES
- C. FLOCULADORES MECÁNICOS
1. CELDAS DE FLOCULACIÓN MECÁNICA DE DOS ETAPAS (TRH=14min): PRIMERA ETAPA, G=90 a 120 s⁻¹; SEGUNDA ETAPA, G=60 a 90 s⁻¹
- D. FLOCULADORES HIDRÁULICOS
1. CELDAS DE FOCULACIÓN HIDRÁULICA DE DOS ETAPAS (TRH=12min): PRIMERA ETAPA, G=60 s⁻¹; SEGUNDA ETAPA, G=40 s⁻¹; TERCERA ETAPA, G=20 s⁻¹
- E. SEDIMENTADOR DE FLUJO LAMINAR
1. COMPUERTA ACTUADA DE ENTRADA DE AGUA FLOCULADA (800x800mm)
2. DUCTO CENTRAL DE SECCIÓN VARIABLE
3. ORIFICIOS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA DN 100 mm/ 30 cm
4. MÓDULOS DE SEDIMENTACIÓN LAMINAR: L=120 cm; INCLINACIÓN=60°
5. CANALES SECUNDARIOS DE RECOLECCIÓN DE CLARIFICADO CON VERTEDEROS TRIANGULARES
6. CANAL PRINCIPAL DE RECOLECCIÓN DE EFLENTE CLARIFICADO
7. COMPUERTA MANUAL DE SALIDA DE AGUA CLARIFICADA (800x800 mm)
8. TOLVAS DE ACUMULACIÓN DE LODO
9. TUBERÍAS DE RECOLECCIÓN DE LODO PVC DN 75 mm CADA 50 cm
10. DUCTO INFERIOR DE RECOLECCIÓN DE LODO
11. VÁLVULA PINCH PARA RECOLECCIÓN DE LODO DN 300 mm
12. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE LODO SEDIMENTADO FD DN 350 mm
16. DESAGÜE DE FONDO FD DN 100 mm
- F. FILTROS RÁPIDOS DE TASA DECLINANTE Y LAVADO MUTUO
1. CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA SEDIMENTADA (400x400mm)
2. PUNTO DE APLICACIÓN DE CLORO (INTERCLORACIÓN); DIFUSORES DE CANAL
3. COMPUERTA ACTUADA DE ENTRADA DE AGUA SEDIMENTADA (400x400mm)
4. MANTO FILTRANTE DE ANTRACITA (TE=1.00mm; ESPESOR=50cm)
5. MANTO FILTRANTE DE ARENA (TE=0.50mm; ESPESOR=50cm)
6. MANTO SOPORTE DE GRAVA (ESPESOR=20cm)
7. FONDO DE LOSETAS DE HORMIGÓN PREFABRICADAS CON BOQUILLAS DIFUSORAS DE AGUA AIRE A RAZÓN DE 81/m²
8. FALSO FONDO DE DISTRIBUCIÓN (ALTURA=65cm)
9. TUBERÍA DE SALIDA DE AGUA FILTRADA/ENTRADA DE AGUA DE LAVADO FD DN 300 mm
10. TUBERÍA DE ENTRADA DE AIRE DE LAVADO DE FILTROS AISI 304 DN 150 mm
11. CANALETA DE RECOLECCIÓN DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS EN INSI 304
12. COMPUERTA ACTUADA DE SALIDA DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS (400x400mm)
13. CANAL DE COLECTA DE SALIDA DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS A DESAGÜE
16. DESAGÜE DE FONDO/FILTRADO A DESAGÜE FD DN 80 mm
17. CANAL DE COLECTA DE VACIADO DE FONDO DE UNIDADES A RED GENERAL DE DESAGÜES
18. CANAL DE INTERCONEXIÓN DE FILTROS
19. VERTEDERO RECTANGULAR DE ALIVIO HACIA TANQUE DE AGUA FILTRADA
21. CANAL DE SALIDA DE AGUA FILTRADA
22. TUBERÍA DE SALIDA DE AGUA FILTRADA A DEPÓSITO/SUCCIÓN DE BOMBAS GAC FD DN 450 mm
25. CANILLA DN 13mm ROSCADA, PARA TOMA DE MUESTRA (TOTAL: 6 UNIDADES)
- G. FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR (GAC) A PRESIÓN
1. BOMBAS CENTRÍFUGAS DE EJE VERTICAL (1+1): Q=500 m³/h; AMT=23 mca
2. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN A FILTROS GAC FD DN 300 mm

CORTE B-B
ESC. 1:50



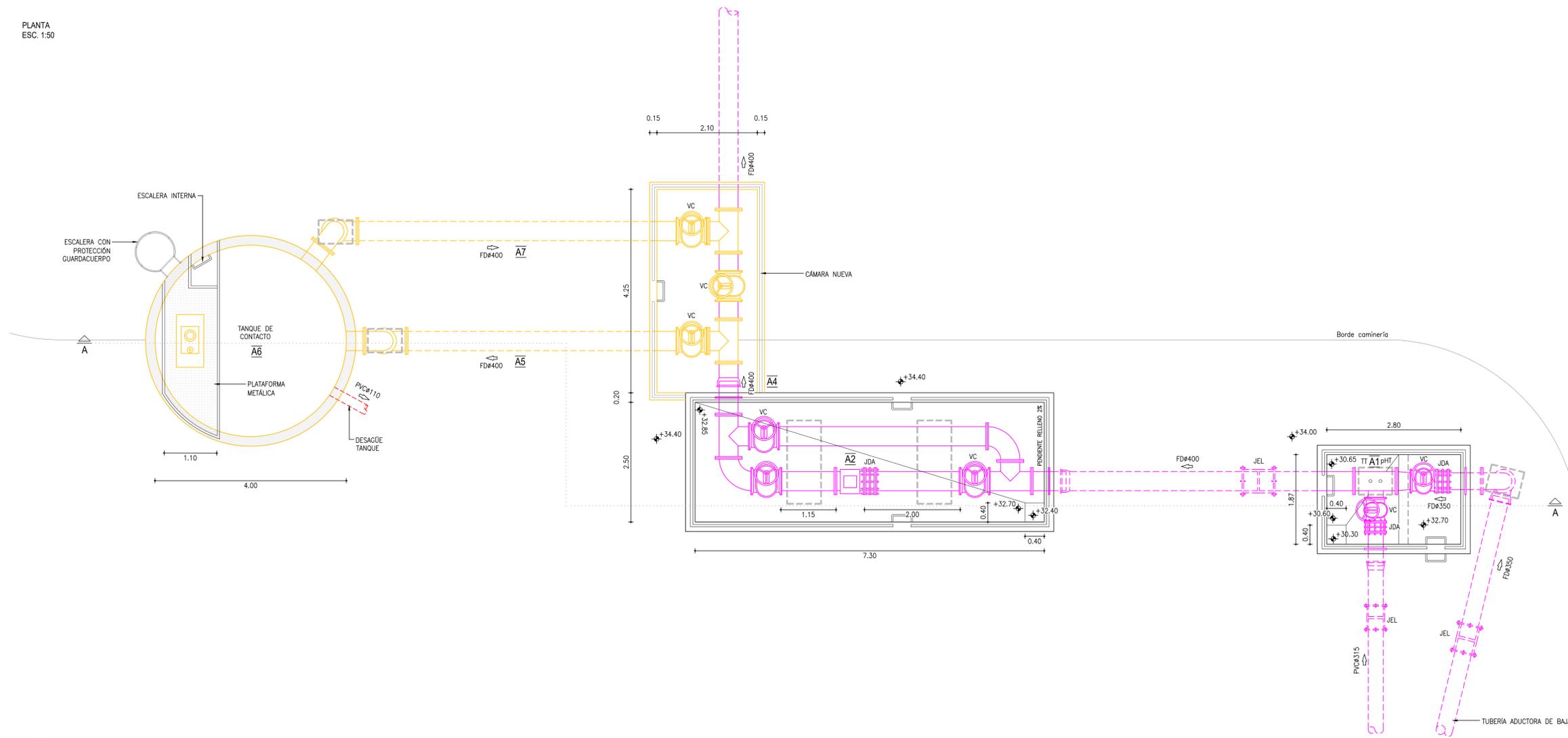
REFERENCIAS:

- AGUA BRUTA
- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

ABREVIATURAS:

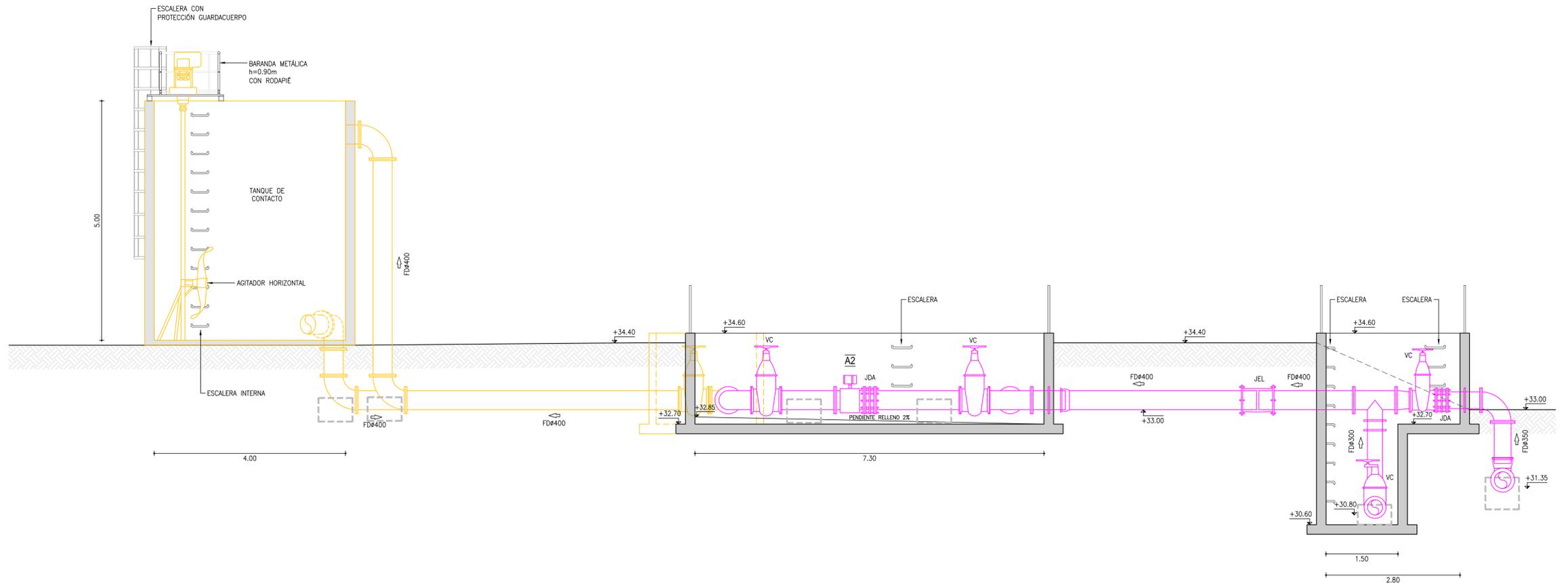
- CM COMPUERTA MURAL MANUAL
CMA COMPUERTA MURAL ACTUADA
JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
MN MANÓMETRO
VAIR VÁLVULA DE AIRE
VC VÁLVULA COMPUERTA MANUAL
VE VÁLVULA ESÉRICA
VM VÁLVULA MARIPOSA MANUAL
VMA VÁLVULA MARIPOSA ACTUADA
VMO VÁLVULA MODULANTE
VPCH VÁLVULA PINCH
VAFP VÁLVULA ANTI-RETORNO - PICO ALTO
VAL VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN
VR VÁLVULA RETENCIÓN
JAV JUNTA ANTI-VIBRATORIA

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdeLaR	
Ubicación: TREINTA Y TRES	Departamento: TREINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE	
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo: ProyFinal.dwg	Fecha: 18/04/2021
Plano: CORTES	Plano n°: 04
Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA FRESCADO	Tutores: JULIETA LÓPEZ DANIEL RÍOS
	Escala: 1:50



REFERENCIAS:

- A. ADUCTORA DE AGUA BRUTA
1. PUNTO DE APLICACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO
2. CAUDALIMETRO ELECTROMAGNETICO DN 400 mm con BY-PASS
3. PUNTO DE APLICACIÓN DE ALCALINIZANTE (PREALCALINIZACIÓN)
4. TUBERÍA DE ENTRADA FD 400 mm
5. TUBERÍA DE ENTRADA A TANQUE DE CONTACTO FD 400 mm
6. TANQUE DE CONTACTO CILINDRICO (V_{util}=127 m³, TRH=15 min, G=40 s⁻¹)
7. TUBERÍA DE SALIDA DE TANQUE DE CONTACTO FD 400 mm



REFERENCIAS:

- AGUA BRUTA
- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

ABREVIATURAS:

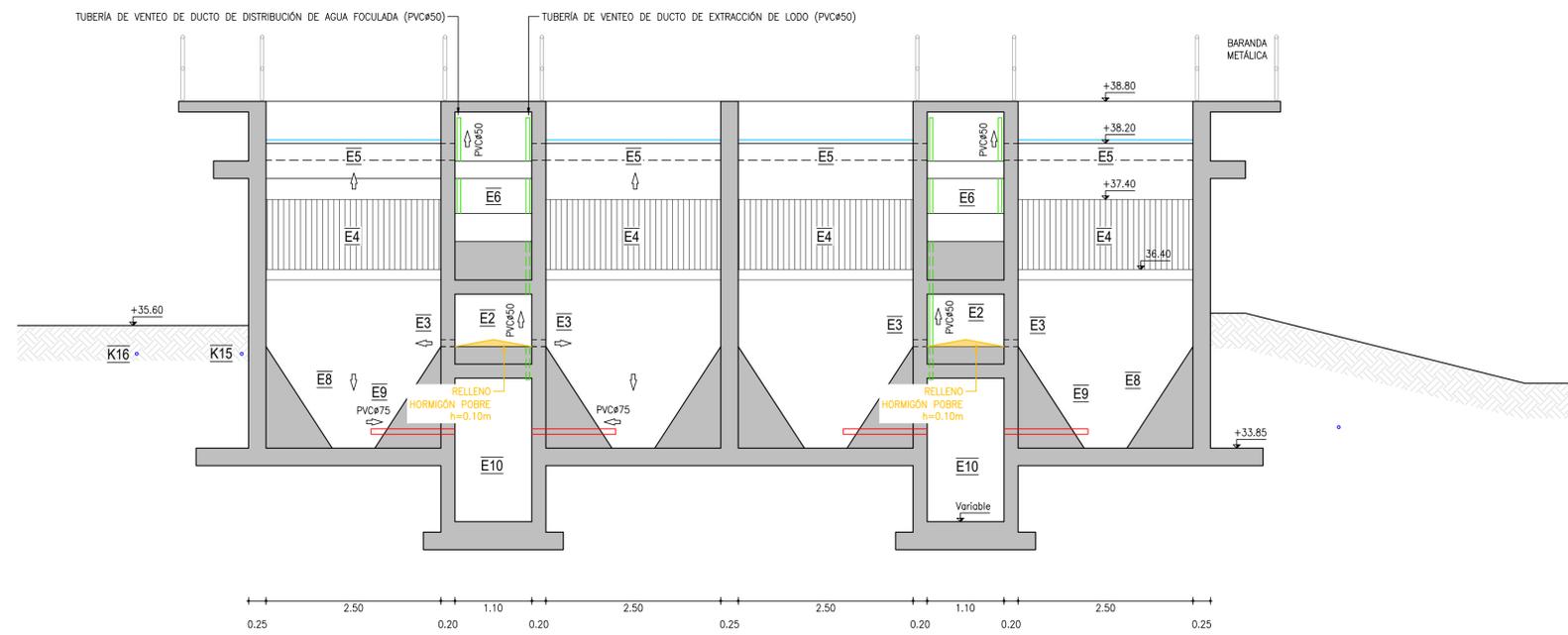
- VC VALVULA COMPUERTA MANUAL
- VD VALVULA DIAFRAGMA
- JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
- VR VALVULA RETENCION
- PO PLACA ORIFICIO

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelAR	
Ubicación: TREINTA Y TRES	Departamento: TREINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE	
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo: TanqueContacto.dwg	Fecha: 18/04/2021
TANQUE DE CONTACTO	
Plano n° 05	
Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PESORNO	Tutores: JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS
Escala: 1:50	

REFERENCIAS:

1. SEDIMENTADOR DE FLUJO LAMINAR
2. DUCTO CENTRAL DE SECCIÓN VARIABLE
3. ORIFICIOS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA DN 100 mm/ 30 cm
4. MÓDULOS DE SEDIMENTACIÓN LAMINAR: L=120 cm; INCLINACIÓN=60°
5. CANALES SECUNDARIOS DE RECOLECCIÓN DE CLARIFICADO CON VERTEDEROS TRIANGULARES
6. CANAL PRINCIPAL DE RECOLECCIÓN DE EFLUENTE CLARIFICADO
7. COMPUERTA MANUAL DE SALIDA DE AGUA CLARIFICADA (800x800 mm)
8. TOLVAS DE ACUMULACIÓN DE LODO
9. TUBERÍAS DE RECOLECCIÓN DE LODO PVC DN 75 mm CADA 50 cm
10. DUCTO INFERIOR DE RECOLECCIÓN DE LODO

CORTE C-C
ESC. 1:50



REFERENCIAS:

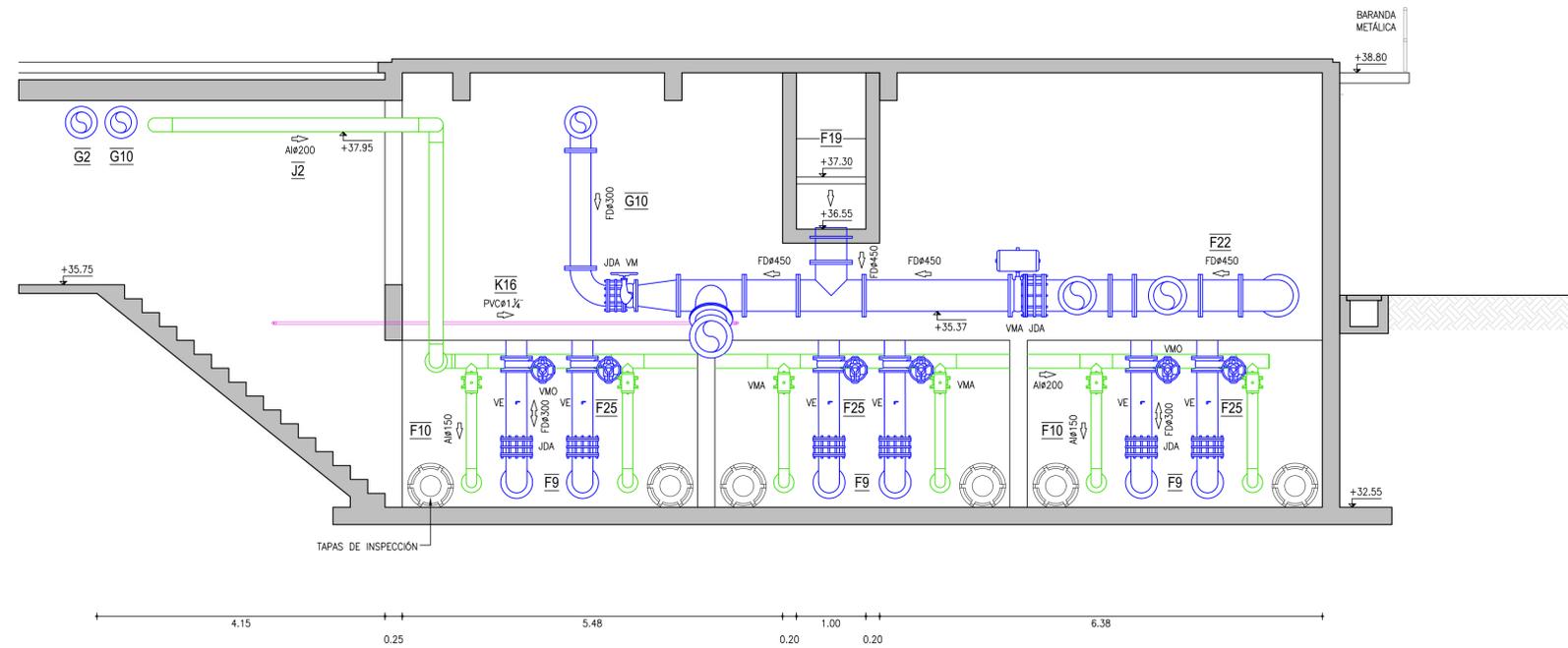
- AGUA BRUTA
- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

ABREVIATURAS:

- CM COMPUERTA MURAL MANUAL
- CMA COMPUERTA MURAL ACTUADA
- JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
- MN MANÓMETRO
- VAIR VÁLVULA DE AIRE
- VC VÁLVULA COMPUERTA MANUAL
- VE VÁLVULA ESÉRICA
- VM VÁLVULA MARIPOSA MANUAL
- VMA VÁLVULA MARIPOSA ACTUADA
- VMO VÁLVULA MODULANTE
- VPCH VÁLVULA PINCH
- VAFP VÁLVULA ANTI-RETORNO - PICO ALTO
- VAL VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN
- VR VÁLVULA RETENCIÓN
- JAV JUNTA ANTI-VIBRATORIA

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR	
Ubicación: TREINTA Y TRES	Departamento: TREINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo: ProyFinal.dwg	Fecha: 18/04/2021
CORTE SEDIMENTADOR	
Plano n°: 06	
Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PISCOPO	Tutores: JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS
Escala: 1:50	

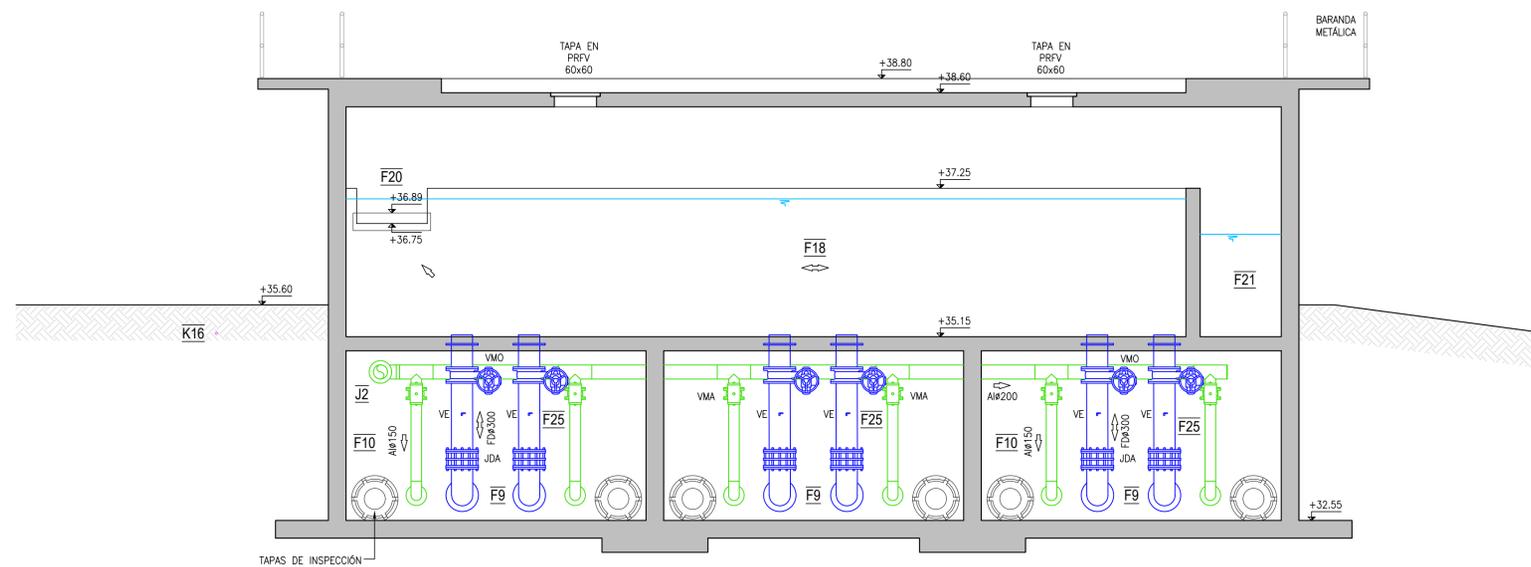
CORTE D-D
ESC. 1:50



REFERENCIAS:

- F. FILTROS RÁPIDOS DE TASA DECLINANTE Y LAVADO MUTUO
 9. TUBERÍA DE SALIDA DE AGUA FILTRADA/ENTRADA DE AGUA DE LAVADO FD DN 300 mm
 10. TUBERÍA DE ENTRADA DE AIRE DE LAVADO DE FILTROS AISI 304 DN 150 mm
 18. CANAL DE INTERCONEXIÓN DE FILTROS
 19. VERTEDERO RECTANGULAR DE ALIVIO HACIA TANQUE DE AGUA FILTRADA
 20. VERTEDERO RECTANGULAR REGULABLE DE PARED FINA CON SENSOR DE NIVEL
 21. CANAL DE SALIDA DE AGUA FILTRADA
 22. TUBERÍA DE SALIDA DE AGUA FILTRADA A DEPÓSITO/SUCCIÓN DE BOMBAS GAC FD DN 450 mm
 25. CÁNILLA DN 13mm ROSCADA, PARA TOMA DE MUESTRA (TOTAL: 6 UNIDADES)
 G. FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR (GAC) A PRESIÓN
 2. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN A FILTROS GAC FD DN 300 mm

CORTE E-E
ESC. 1:50



REFERENCIAS:

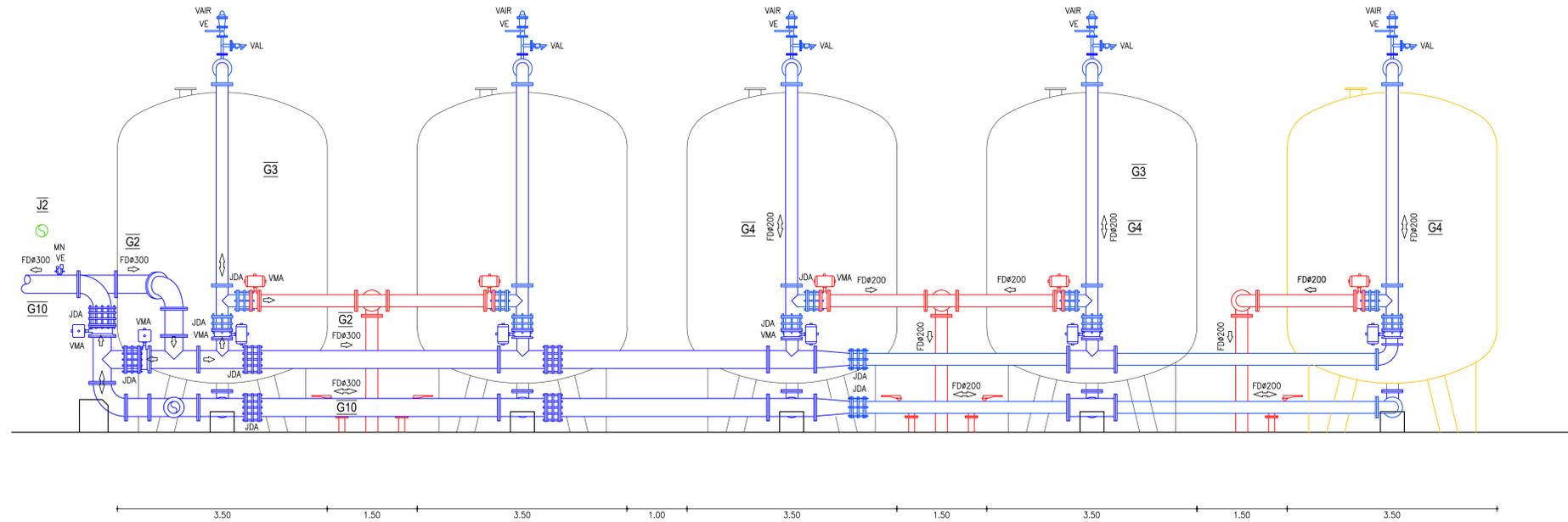
- AGUA BRUTA
- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

ABREVIATURAS:

- CM COMPUERTA MURAL MANUAL
 CMA COMPUERTA MURAL ACTUADA
 JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
 MN MANÓMETRO
 VAIR VÁLVULA DE AIRE
 VC VÁLVULA COMPUERTA MANUAL
 VE VÁLVULA ESÉRICA
 VM VÁLVULA MARIPOSA MANUAL
 VMA VÁLVULA MARIPOSA ACTUADA
 VMO VÁLVULA MODULANTE
 VPC VÁLVULA PINCH
 VAFP VÁLVULA ANTI-RETORNO - PICO ALTO
 VAL VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN
 VR VÁLVULA RETENCIÓN
 JAV JUNTA ANTI-VIBRATORIA

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR	
Ubicación: TRENTA Y TRES	Departamento: TRENTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo: ProyFinal.dwg	Fecha: 18/04/2021
CORTES - FILTROS MIXTOS	
Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PESQUERO	Tutores: JULIETA LÓPEZ DANIELO RÍOS
Plano n°: 07 Escala: 1:50	

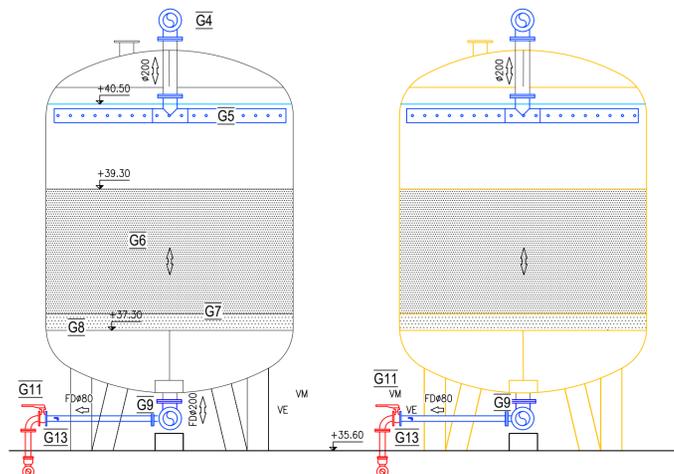
CORTE F-F
ESC. 1:50



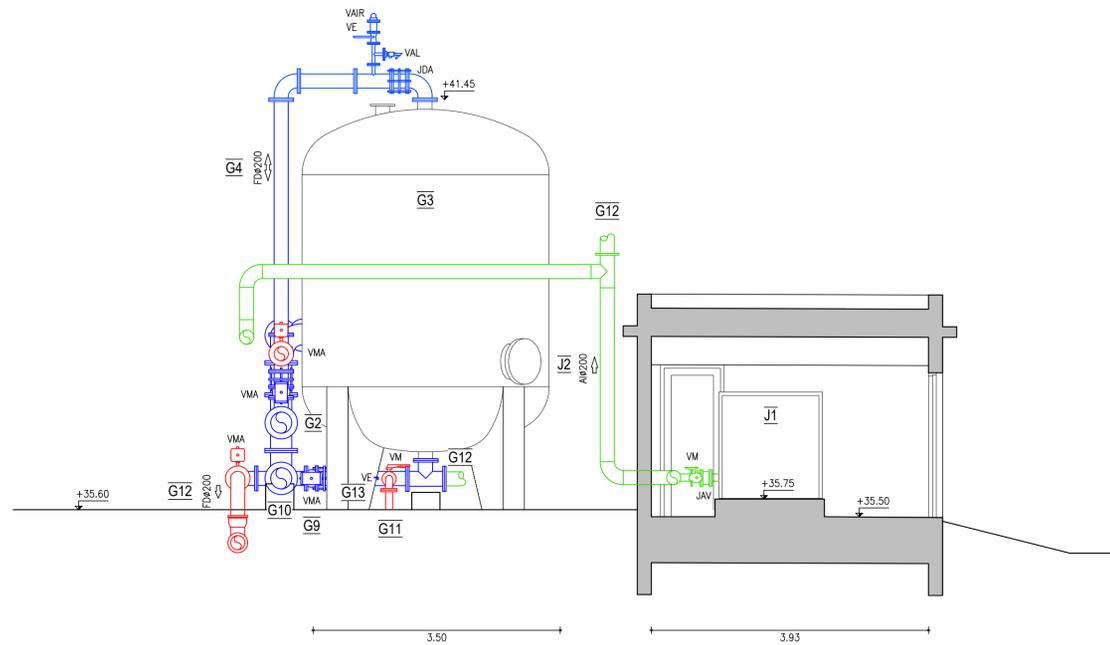
REFERENCIAS:

1. FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR (GAC) A PRESIÓN
2. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN A FILTROS GAC FD DN 300 mm
3. MÓDULO FILTRANTE EN PRPV (φ=3.50m), PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO: 2.5 kg/cm²
4. TUBERÍA DE ENTRADA DE AGUA/SALIDA DE AGUA DE LAVADO FD 200mm
5. MÚLTIPLE DE DISTRIBUCIÓN/RECOLECCIÓN AISI 304 DN 32/200mm
6. MANTO FILTRANTE DE CARBÓN ACTIVADO (TE=0.50mm; ESPESOR=180cm)
7. MANTO SOPORTE DE ARENA (TE=0.50mm; ESPESOR=12.5cm) Y GRAVA (TE=2.40 a 4.80mm; ESPESOR=7.5cm)
8. BANDEJA PERFORADA CON BOQUILLAS DIFUSORAS DE AGUA A RAZÓN DE 52/m²
9. TUBERÍA DE SALIDA DE AGUA FILTRADA/ENTRADA DE AGUA DE LAVADO FD 200mm
10. MÚLTIPLE DE SALIDA DE AGUA FILTRADA A DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN Y CONTACTO FD DN 300
11. DESAGÜE DE FONDO FD DN 80mm
12. PREVISIÓN PARA LA CONEXIÓN DE ENTRADA DE AIRE DE LAVADO
13. CANILLA DN 13mm ROSCADA, PARA TOMA DE MUESTRA (TOTAL=8 UNIDADES)

CORTE G-G
ESC. 1:50



CORTE H-H
ESC. 1:50



REFERENCIAS:

- AGUA BRUTA
- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

ABREVIATURAS:

- CM COMPUERTA MURAL MANUAL
- CMA COMPUERTA MURAL ACTUADA
- JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
- MN MANÓMETRO
- VAIR VALVULA DE AIRE
- VC VALVULA COMPUERTA MANUAL
- VE VALVULA ESERICA
- VM VALVULA MARIPOSA MANUAL
- VMA VALVULA MARIPOSA ACTUADA
- VMO VALVULA MODULANTE
- VPCB VALVULA PINCH
- VAPP VALVULA ANTI-RETORNO - PICO ALTO
- VAL VALVULA DE ALINO DE PRESIÓN
- VR VALVULA RETENCIÓN
- JAV JUNTA ANTI-VIBRATORIA

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR

Ubicación: TREINTA Y TRES Departamento: TREINTA Y TRES

PLANTA DE AGUA POTBLE
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE

Archivo: ProjFinal.dwg Fecha: 18/04/2021

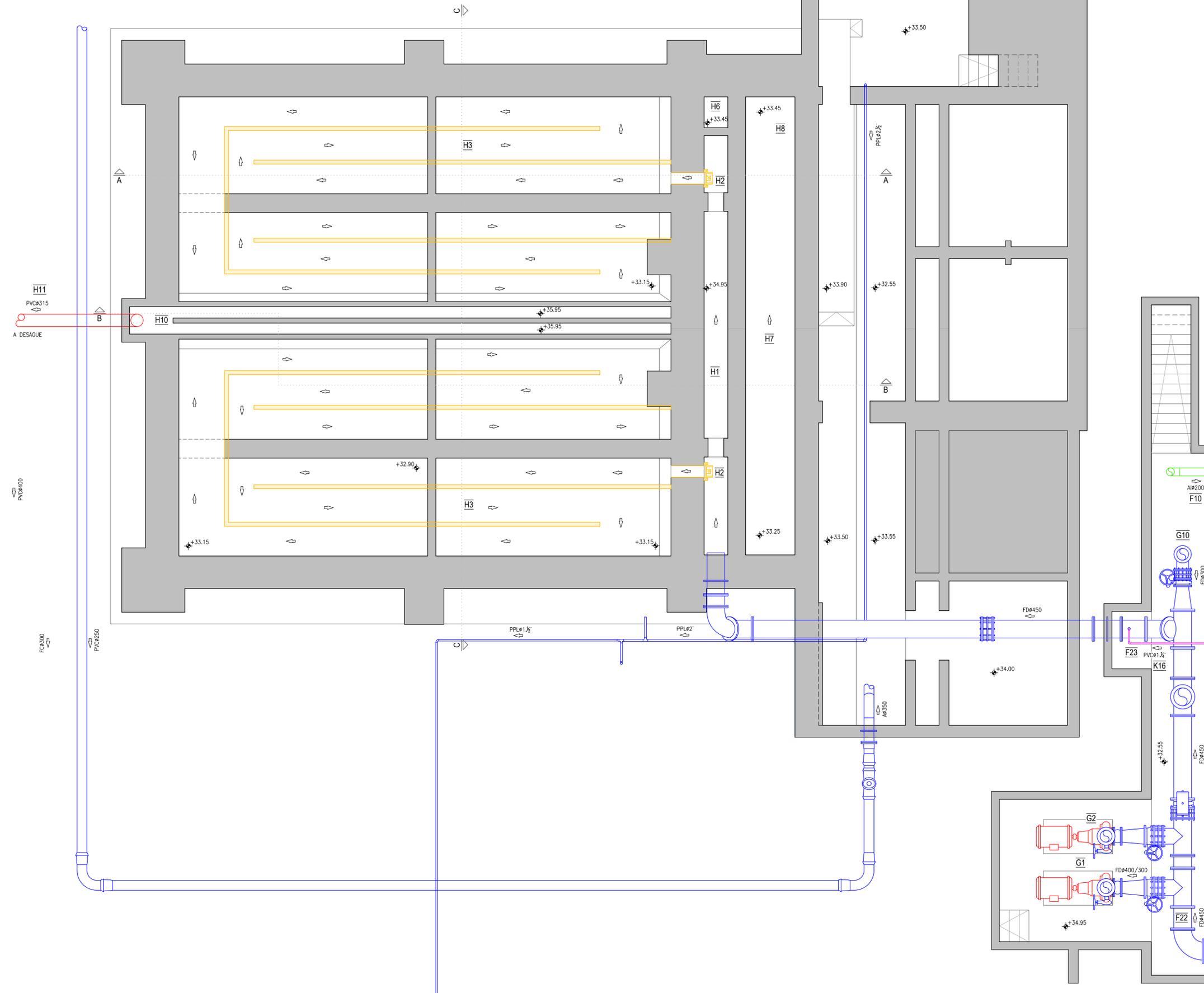
Plano: CORTES - FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO Plano n°: 08

Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PISCOPO Tutores: JULIETA LÓPEZ DANIEL RÍOS Escala: 1:50

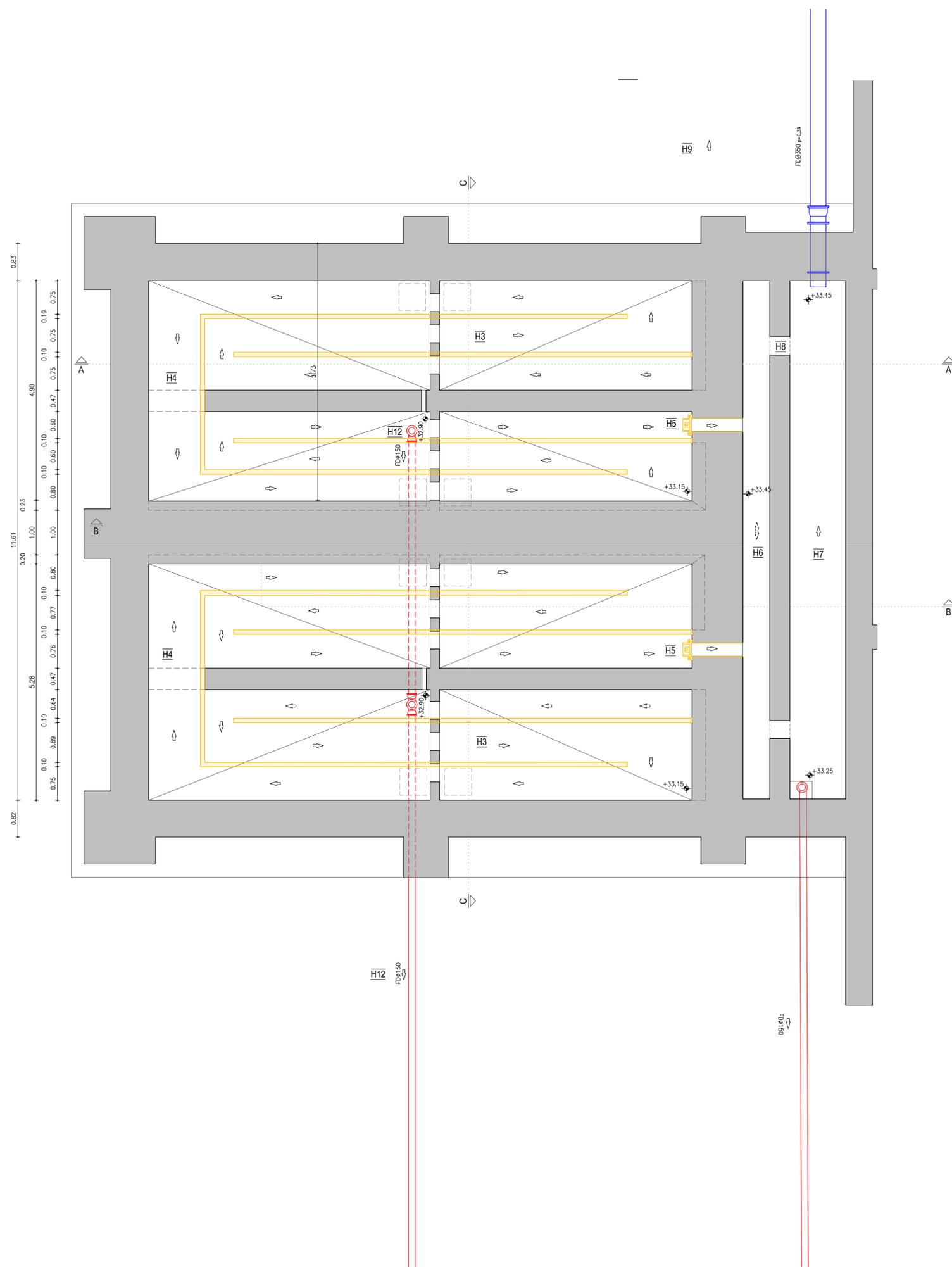
- H. DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN Y CONTACTO
 1. DUCTO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FILTRADA
 2. COMPUERTA MANUAL DE ENTRADA A COMPARTIMENTOS DE CONTACTO (300x300 mm)
 3. COMPARTIMENTOS DE CONTACTO (2) CON TABIQUE LONGITUDINAL (UNIT=190m², TRH=52 min)
 4. PASAJE ENTRE CELDAS DE CONTACTO (750x750 mm)
 5. DUCTO DE RECOLECCIÓN DE AGUA POTABLE
 6. DUCTO DE RECOLECCIÓN DE AGUA POTABLE
 7. CÁMARA DE SUCCIÓN DE AGUA POTABLE
 8. PUNTO DE APLICACIÓN DE ALCALINIZANTE (POSTALCALINIZACIÓN)
 9. CANAL SUPERIOR DE ALIVIO
 10. TUBERÍA DE ALIVIO A RED GENERAL DE DESAGÜE PVC DN 315 mm

- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

- CM COMPUERTA MURAL MANUAL
- CMA COMPUERTA MURAL ACTUADA
- JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
- MN MANÓMETRO
- VAIR VÁLVULA DE AIRE
- VC VÁLVULA COMPUERTA MANUAL
- VE VÁLVULA ESÉRICA
- VM VÁLVULA MARIPOSA MANUAL
- VMA VÁLVULA MARIPOSA ACTUADA
- VMO VÁLVULA MODULANTE
- VPCH VÁLVULA PINCH
- VAPP VÁLVULA ANTI-RETORNO - PICO ALTO
- VAL VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN
- VR VÁLVULA RETENCIÓN
- JAV JUNTA ANTI-VIBRATORIA



- H. DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN Y CONTACTO
3. COMPARTIMENTOS DE CONTACTO (2) CON TABIQUE LONGITUDINAL (VUNIT=190m²; TRH=52 min)
4. PASAJE ENTRE CELDAS DE CONTACTO (750x750 mm)
5. COMPUERTA MANUAL DE SALIDA DE CELDAS DE CONTACTO (300x300 mm)
6. DUCTO DE RECOLECCIÓN DE AGUA POTABLE
7. CÁMARA DE SUCCIÓN DE AGUA POTABLE
8. PUNTO DE APLICACIÓN DE ALCALINIZANTE (POSTALCALINIZACIÓN)
9. TUBERÍA DE INTERCONEXIÓN DEPÓSITOS/SUCCIÓN DE BOMBAS DE ALTA PD DN 350 mm
12. DESAGÜE DE FONDO DN 150 mm



REFERENCIAS:

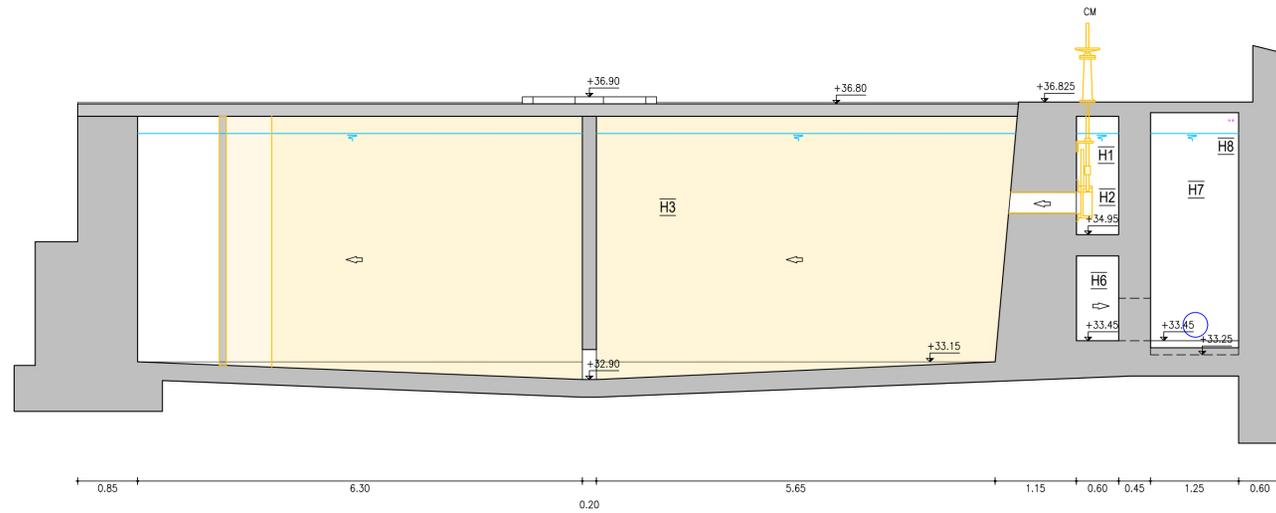
- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

ABREVIATURAS:

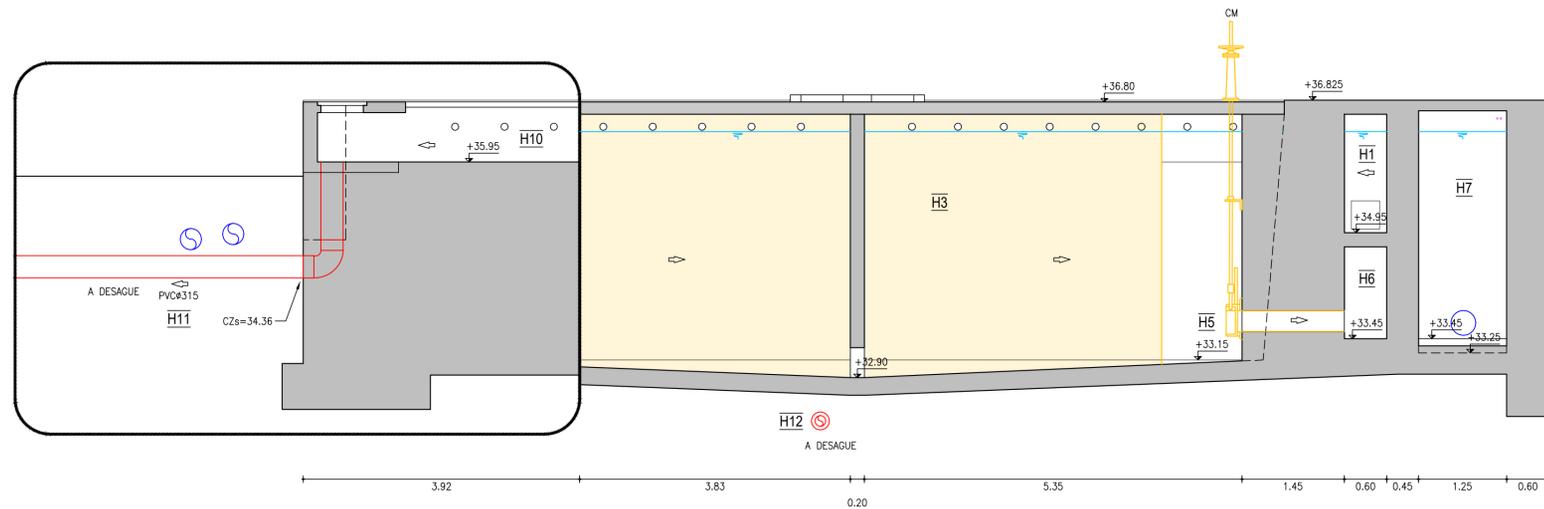
- CM COMPUERTA MURAL MANUAL
- CMA COMPUERTA MURAL ACTUADA
- IDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
- MN MANÓMETRO
- VAIR VÁLVULA DE AIRE
- VC VÁLVULA COMPUERTA MANUAL
- VE VÁLVULA ESÉRICA
- VM VÁLVULA MARIPOSA MANUAL
- VMA VÁLVULA MARIPOSA ACTUADA
- VMO VÁLVULA MODULANTE
- VPCH VÁLVULA PINCH
- VAPP VÁLVULA ANTI-RETORNO - PICO ALTO
- VAL VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN
- VR VÁLVULA RETENCIÓN
- JAV JUNTA ANTI-VIBRATORIA

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR	
Ubicación: TREINTA Y TRES	Departamento: TREINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo: Desinfeccion.dwg	Fecha: 18/04/2021
DESINFECCIÓN, PLANTA SALIDA	
Plano n° 10	
Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PESORNO	Tutores: JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS
Escala: 1:50	

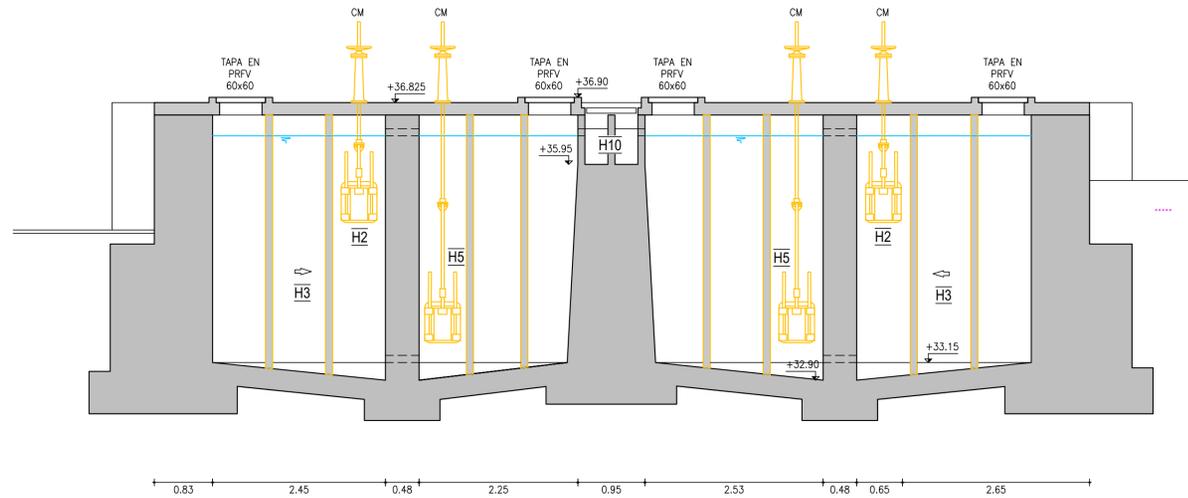
CORTE A-A
ESC. 1:50



CORTE B-B
ESC. 1:50



CORTE C-C
ESC. 1:50



REFERENCIAS:

- H. DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN Y CONTACTO
1. DUCTO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FILTRADA
 2. COMPUERTA MANUAL DE ENTRADA A COMPARTIMENTOS DE CONTACTO (300x300 mm)
 3. COMPARTIMENTOS DE CONTACTO (2) CON TABIQUE LONGITUDINAL (VUNIT=190m³, TRH=52 min)
 4. PASAJE ENTRE CELDAS DE CONTACTO (750x750 mm)
 5. COMPUERTA MANUAL DE SALIDA DE CELDAS DE CONTACTO (300x300 mm)
 6. DUCTO DE RECOLECCIÓN DE AGUA POTABLE
 7. CÁMARA DE SUCCIÓN DE AGUA POTABLE
 8. PUNTO DE APLICACIÓN DE ALCALINIZANTE (POSTALCALINIZACIÓN)
 9. TUBERÍA DE INTERCONEXIÓN DEPÓSITOS/SUCCIÓN DE BOMBAS DE ALTA PD DN 350 mm
 10. CANAL SUPERIOR DE ALMIV
 11. TUBERÍA DE ALMIV A RED GENERAL DE DESAGÜE PVC DN 315 mm
 12. DESAGÜE DE FONDO DN 150 mm

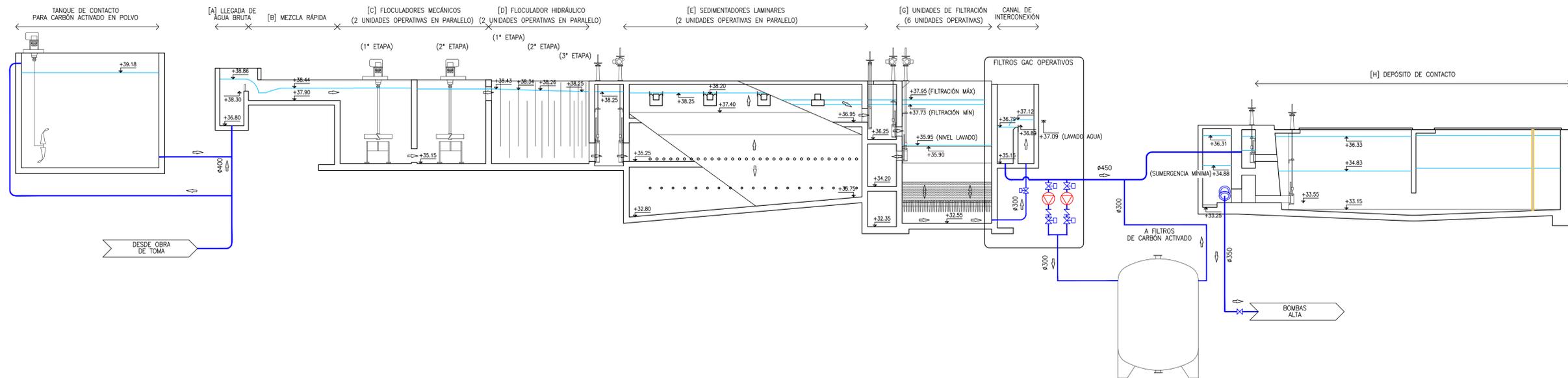
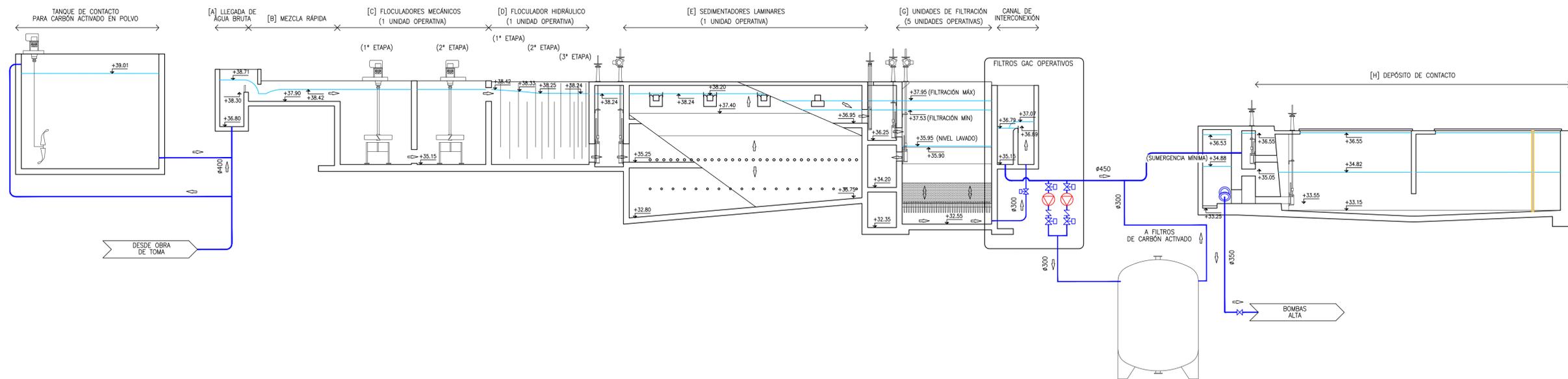
REFERENCIAS:

- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

ABREVIATURAS:

- CM COMPUERTA MURAL MANUAL
- CMA COMPUERTA MURAL ACTUADA
- JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
- MN MANÓMETRO
- VAIR VÁLVULA DE AIRE
- VC VÁLVULA COMPUERTA MANUAL
- VE VÁLVULA ESÉRICA
- VM VÁLVULA MARIPOSA MANUAL
- VMA VÁLVULA MARIPOSA ACTUADA
- VMO VÁLVULA MODULANTE
- VPCH VÁLVULA PINCH
- VAPP VÁLVULA ANTI-RETORNO - PICO ALTO
- VAL VÁLVULA DE ALMIV DE PRESIÓN
- VR VÁLVULA RETENCIÓN
- JAV JUNTA ANTI-VIBRATORIA

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR					
Ubicación:	TREINTA Y TRES	Departamento:	TREINTA Y TRES		
PLANTA DE AGUA POTABLE					
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE					
Archivo:	Desindecion.dwg	Fecha:	18/04/2021		
Plano:	CORTES TANQUE DE DESINFECCIÓN		Plano n°:	11	
Estudiantes:	CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PESCADO	Tutores:	JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS	Escala:	1:50

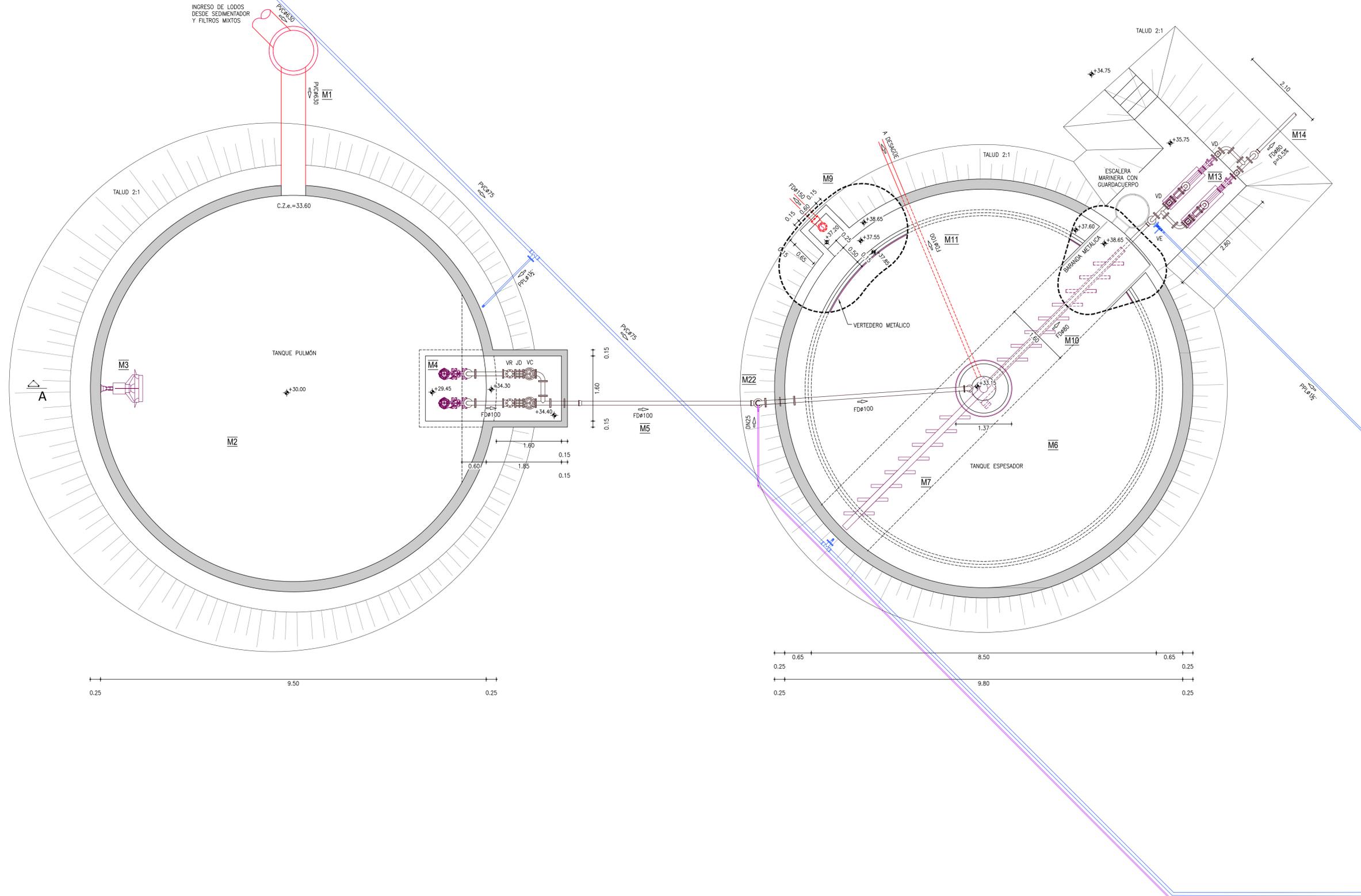


REFERENCIAS:

- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelAR	
Ubicación:	TRINTA Y TRES
Departamento:	TRINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE	
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo:	ProyFinal.dwg
Fecha:	18/04/2021
Plano:	PERFILES HIDRÁULICOS
Estudiantes:	CONA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PERDOMO
Tutores:	JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS
Plano n°:	12
Escala:	1/100

- M. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS
1. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE LODO A TANQUE PULMÓN DE LODOS PVC DN 630 mm
 2. TANQUE PULMÓN DE LODOS DE BAJA Y ALTA CONCENTRACIÓN: $V_{util} = 250 \text{ m}^3$
 3. MIXER SUMERGIBLE CON ACCESORIO DE IZADO (POTENCIA MÍNIMA = 2.0 KW)
 4. BOMBAS SUMERGIBLES (1+1): $Q_{util} = 26 \text{ m}^3/\text{h}$; AMT = 8.0 mca, CON ELEMENTO DE IZAJE
 5. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE LODO REGULADO A COLECTOR FD DN 100 mm
 6. ESPESADOR DE LODO POR GRAVEDAD
 7. PUENTE BARRIDOR MECÁNICO
 8. CANAL PERIMETRAL DE COLECTA DE CLARIFICADO
 9. TUBERÍA DE RECOLECCIÓN DE CLARIFICADO
 10. TUBERÍA DE SALIDA (SUCCIÓN) DE LODOS ESPESADOS A DESHIDRATACIÓN FD DN 80 mm
 11. TUBERÍA DE VACÍADO DE ESPESADOR DE LODO FD DN 100 mm
 12. BOMBA (1+1) DE CONDUCCIÓN HACIA DESHIDRATACIÓN $Q = 8 \text{ m}^3/\text{h}$; AMT = 2 bar
 13. BOMBA (1+1) DE CONDUCCIÓN HACIA DESHIDRATACIÓN $Q = 8 \text{ m}^3/\text{h}$; AMT = 2 bar
 14. TUBERÍA DE IMPULSIÓN DE LODOS ESPESADOS A DESHIDRATACIÓN FD DN 80 mm



REFERENCIAS:

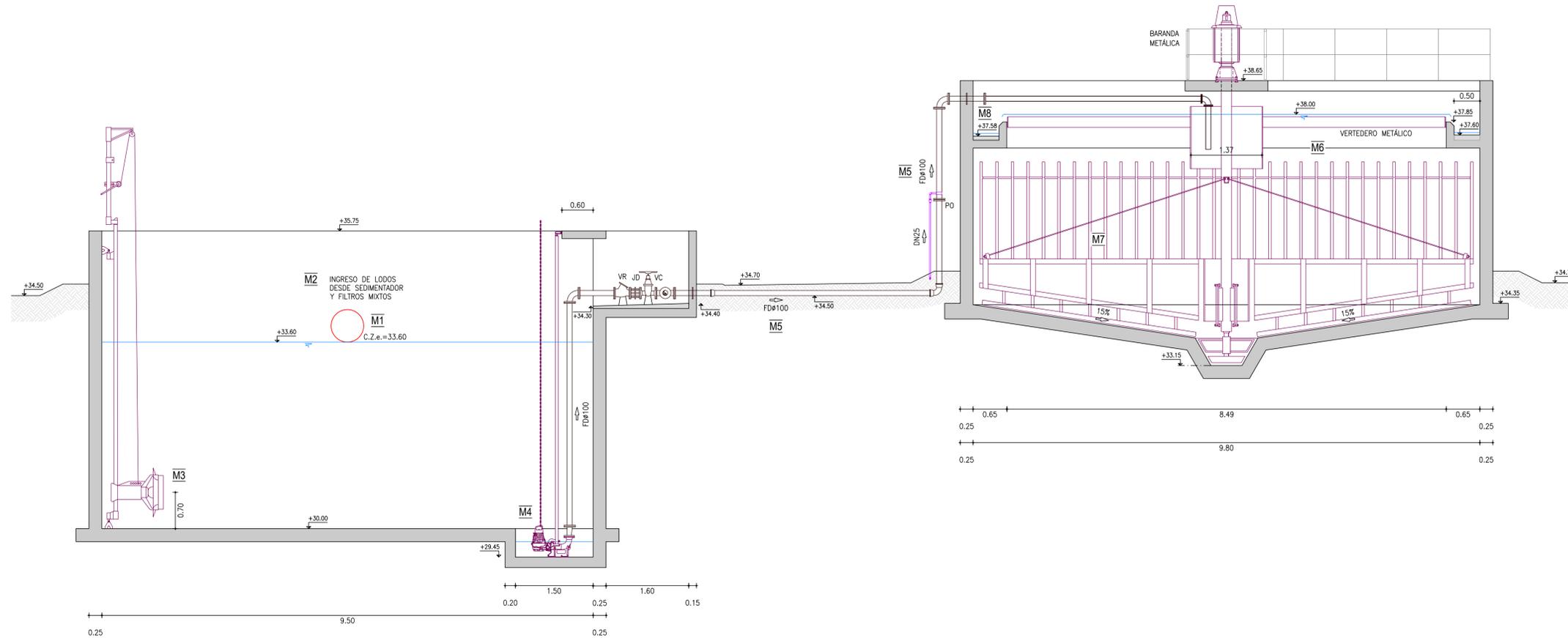
- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES
- LODOS

ABREVIATURAS:

- VC VÁLVULA COMPUERTA MANUAL
- VD VÁLVULA DIAFRAGMA
- VR VÁLVULA RETENCIÓN
- JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
- PO PLACA ORIFICIO

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR	
Ubicación: TREINTA Y TRES	Departamento: TREINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo: Lodos_Bandas.dwg	Fecha: 18/04/2021
TANQUES TRATAMIENTO LODOS - PLANTA	
Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PISCOPO	Tutores: JULIETA LÓPEZ DANIELO RÍOS
Plano n°: 13	Escala: 1:50

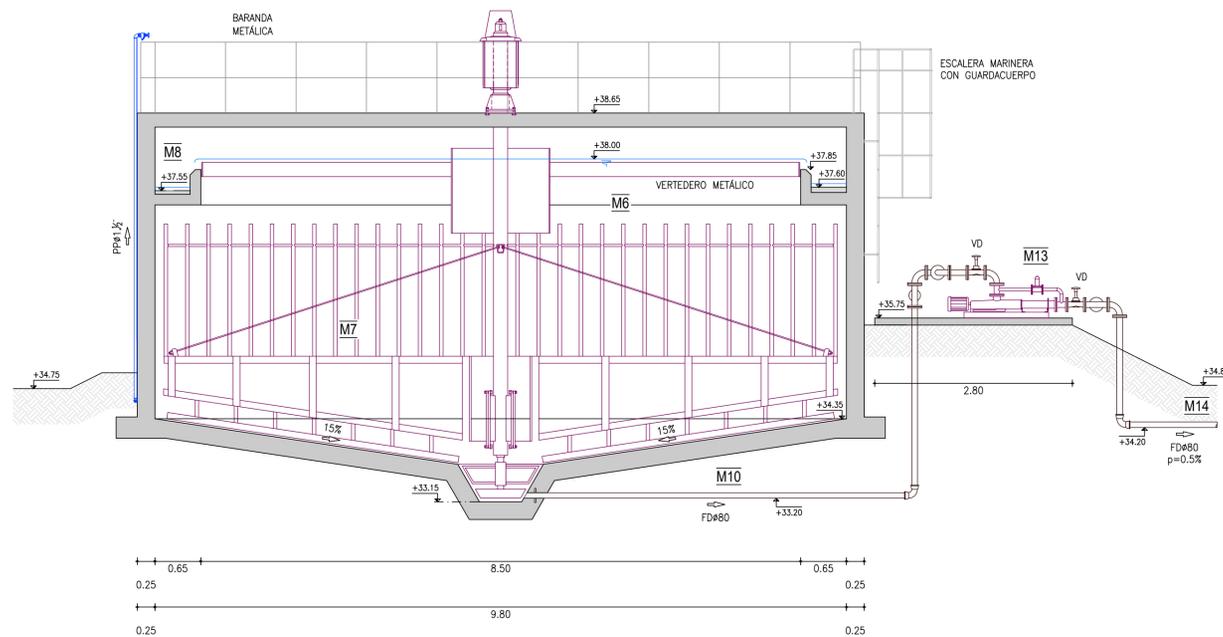
CORTE A-A
ESC. 1:50



REFERENCIAS:

- M. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LÓDOS
1. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE LODO A TANQUE PULMÓN DE LÓDOS PVC DN 630 mm
 2. TANQUE PULMÓN DE LÓDOS DE BAJA Y ALTA CONCENTRACIÓN: $V_{util} = 250 \text{ m}^3$
 3. MIXER SUMERGIBLE CON ACCESORIO DE IZADO (POTENCIA MÍNIMA = 2.0 kW)
 4. BOMBAS SUMERGIBLES (1+1): $Q_{unit} = 26 \text{ m}^3/\text{h}$; AMT = 8.0 mca. CON ELEMENTO DE IZAJE
 5. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE LODO REGULADO A COLECTOR FD DN 100 mm
 6. ESPESADOR DE LODO POR GRAVEDAD
 7. PUENTE BARRIDOR MECÁNICO
 8. CANAL PERIMETRAL DE COLECCIÓN DE CLARIFICADO
 9. TUBERÍA DE RECOLECCIÓN DE CLARIFICADO
 10. TUBERÍA DE SALIDA (SUCCIÓN) DE LÓDOS ESPESADOS A DESHIDRATACIÓN FD DN 80 mm
 11. TUBERÍA DE VACIADO DE ESPESADOR DE LODO FD DN 100 mm
 13. BOMBA (1+1) DE CONDUCCIÓN HACIA DESHIDRATACIÓN $Q = 8 \text{ m}^3/\text{h}$; AMT = 2.5 br
 14. TUBERÍA DE IMPULSIÓN DE LÓDOS ESPESADOS A DESHIDRATACIÓN FD DN 80 mm

CORTE B-B
ESC. 1:50



REFERENCIAS:

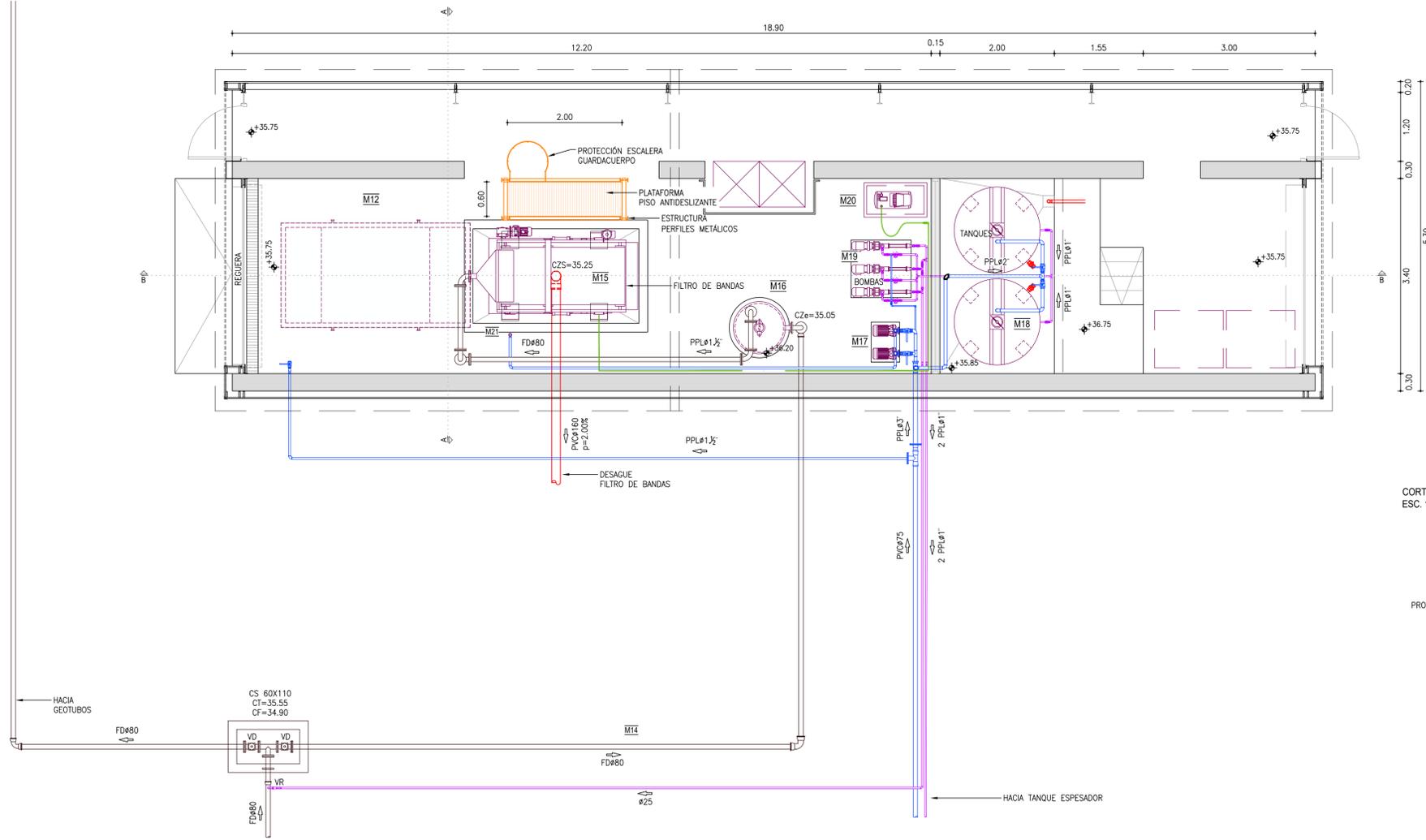
- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES
- LÓDOS

ABREVIATURAS:

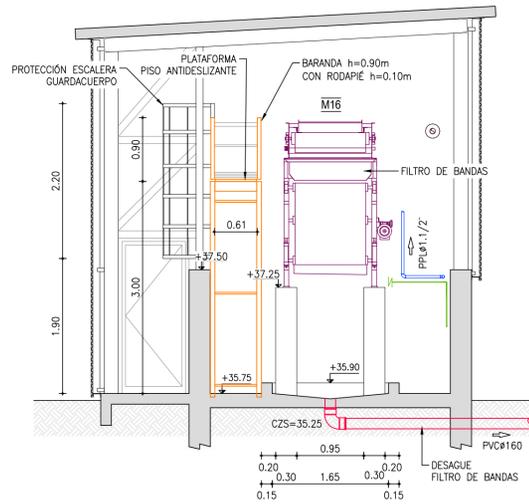
- VC VÁLVULA COMPUERTA MANUAL
- VD VÁLVULA DIAFRAGMA
- VR VÁLVULA RETENCIÓN
- JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
- PO PLACA ORIFICIO

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR	
Ubicación: TREINTA Y TRES	Departamento: TREINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE	
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo: Lodos_Bandas.dwg	Fecha: 18/04/2021
TANQUES TRATAMIENTO LÓDOS - CORTES	
Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PISCINO	Tutores: JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS
Plano n°: 14	Escala: 1:50

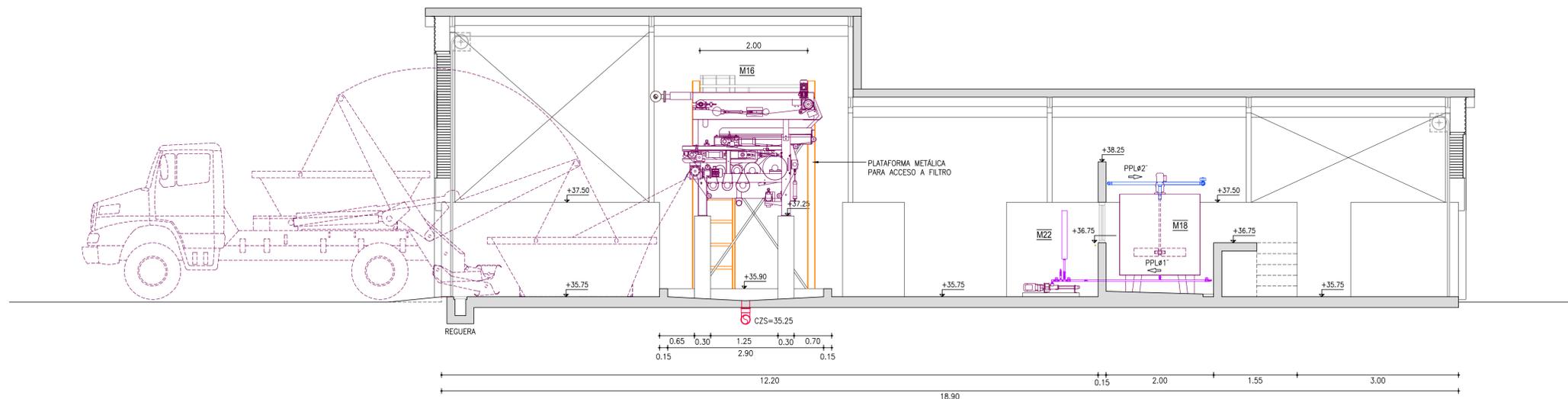
PLANTA
ESC. 1:50



CORTE A-A
ESC. 1:50



CORTE B-B
ESC. 1:50



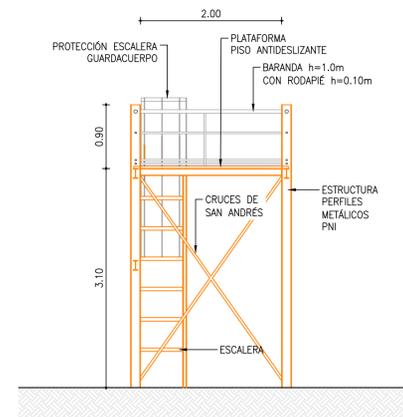
REFERENCIAS:

- M. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS
- 12. LOCAL DE DESHIDRATACIÓN DE LODOS Y PREPARACIÓN DE POLÍMERO
- 14. TUBERÍA DE IMPULSIÓN DE LODOS ESPESADOS A DESHIDRATACIÓN FD DN 80 mm
- 15. CONJUNTO ESPESADOR DESHIDRATADOR Q = 8 m³/h; CS = 120 kgSS/h
- 16. MEZCLADORA CÓNICA DE POLÍMERO CON AGITADOR MECÁNICO
- 17. BOMBA CENTRÍFUGA PARA LAVADO DE BANDAS
- 18. DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE POLÍMERO CON AGITADOR MECÁNICO V = 3,5 m³ (2)
- 19. BOMBAS DOSIFICADORAS DE POLÍMERO (2+1) PARA DESHIDRATACIÓN Q = 1000 l/h; AMT = 4 bar
- 20. COMPRESOR DE AIRE PARA LAVADO DE BANDAS
- 21. PUNTO DE APLICACIÓN DE POLÍMERO PARA DESHIDRATACIÓN
- 22. PUNTO DE APLICACIÓN DE POLÍMERO PARA ESPESADO

FOTOGRAFÍA FRONTAL
FILTRO DE BANDAS



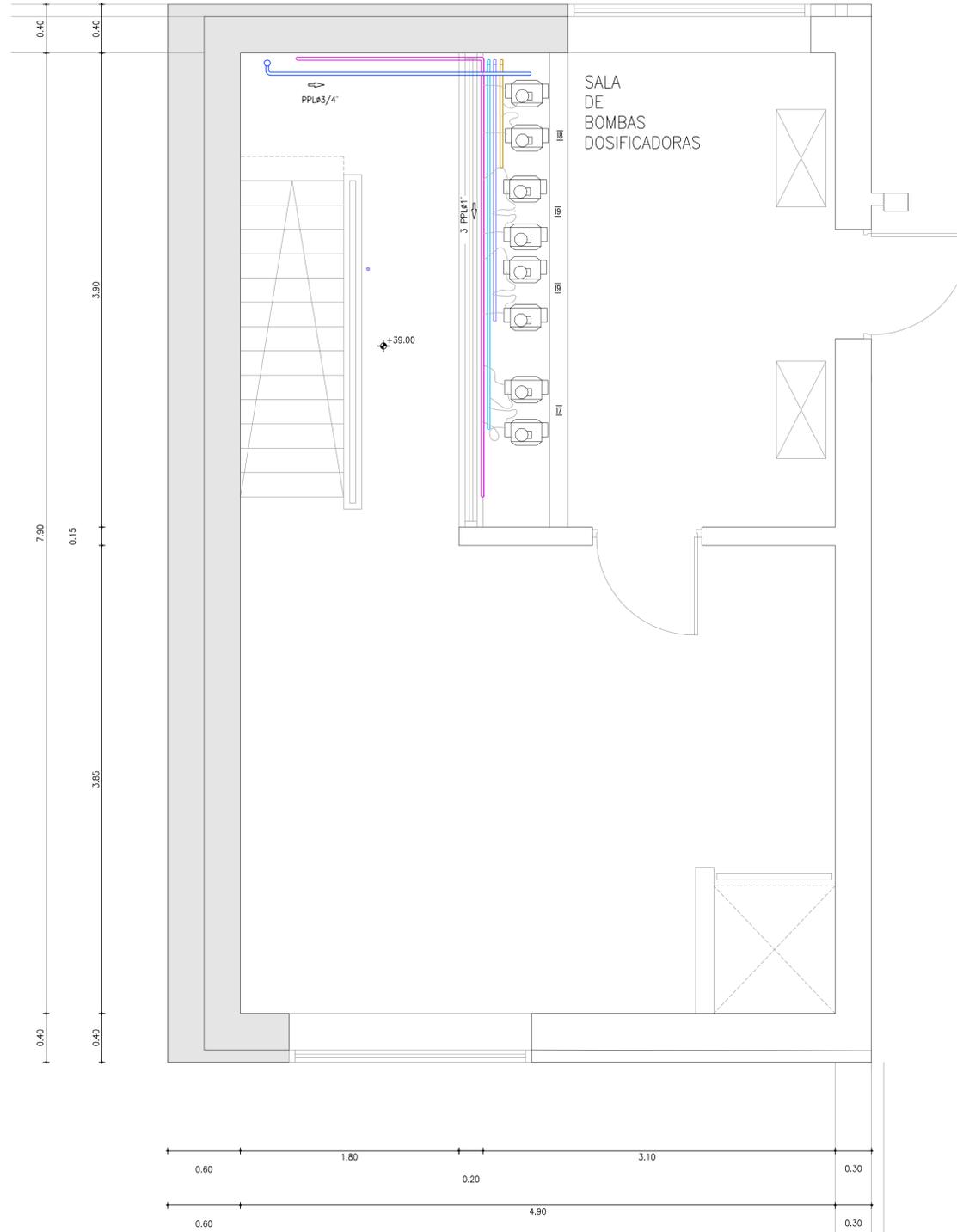
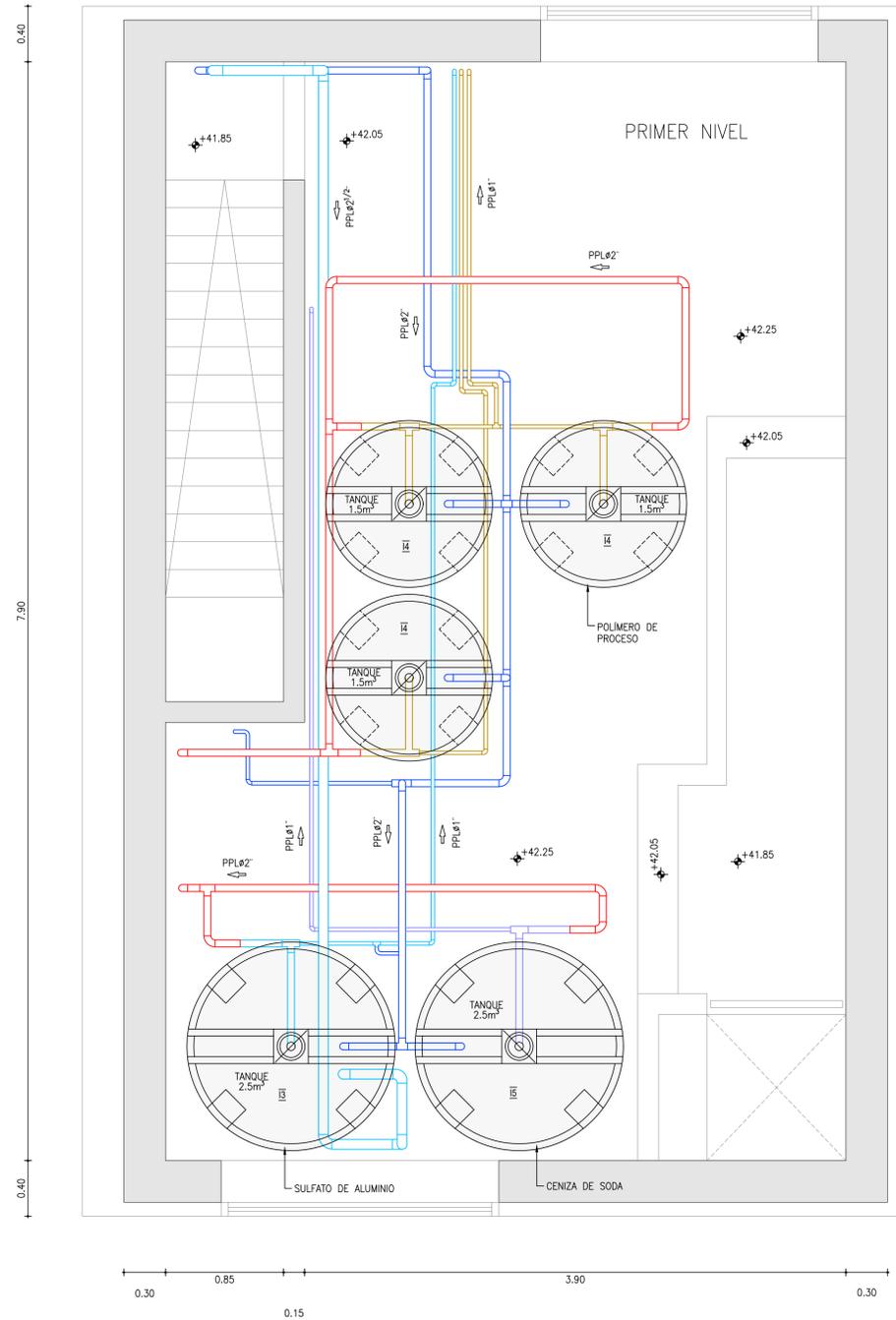
PERFIL PLATAFORMA
ESC. 1:50



REFERENCIAS:

- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES
- LODOS

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdeLaR	
Ubicación: TREINTA Y TRES	Departamento: TREINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE	
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo: Lodos_Bandas.dwg	Fecha: 18/04/2021
Plano: PLATAFORMA FILTRO DE BANDAS	Plano n°: 15
Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PESQUERO	Tutores: JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS
	Escala: 1/40



REFERENCIAS:

1. CASA QUÍMICA
2. SILO DE ACUMULACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO LÍQUIDO EN PRFV: V=15m³
3. DEPÓSITO DE ÁCIDO SULFÚRICO EN ACERO: V=5m³
4. DEPÓSITO PARA SULFATO DE ALUMINIO LÍQUIDO EN PRFV (1) V=2.5m³
5. DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE POLÍMERO DE PROCESO EN PRFV (3) CON AGITADOR MECÁNICO: V=1.5m³
6. DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE CENIZA DE SODA EN PRFV (2) CON AGITADOR MECÁNICO: V= 1.5m³ / DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE CENIZA DE SODA EN PRFV (1) CON AGITADOR MECÁNICO: V= 2.5m³
7. DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO EN POLVO EN PRFV (2) CON AGITADOR MECÁNICO: V= 1.5m³ / DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO EN PRFV (1) CON AGITADOR MECÁNICO: V= 5.0m³
8. BOMBAS DOSIFICADORAS DE SULFATO DE ALUMINIO (1+1): Qmax=1200 L/h; AMT=4 bar
9. BOMBAS DOSIFICADORAS DE POLÍMERO DE PROCESO (1+1): Qmax=304 L/h; AMT=6 bar
10. BOMBAS DOSIFICADORAS DE CENIZA DE SODA (1+1): Qmax=504 L/h; AMT=10 bar
11. BOMBAS DOSIFICADORAS DE CARBÓN ACTIVADO (1+1): Q=1200 L/h; AMT=4 bar
12. BOMBAS DOSIFICADORAS DE ÁCIDO SULFÚRICO (1+1): Q=20 L/h;

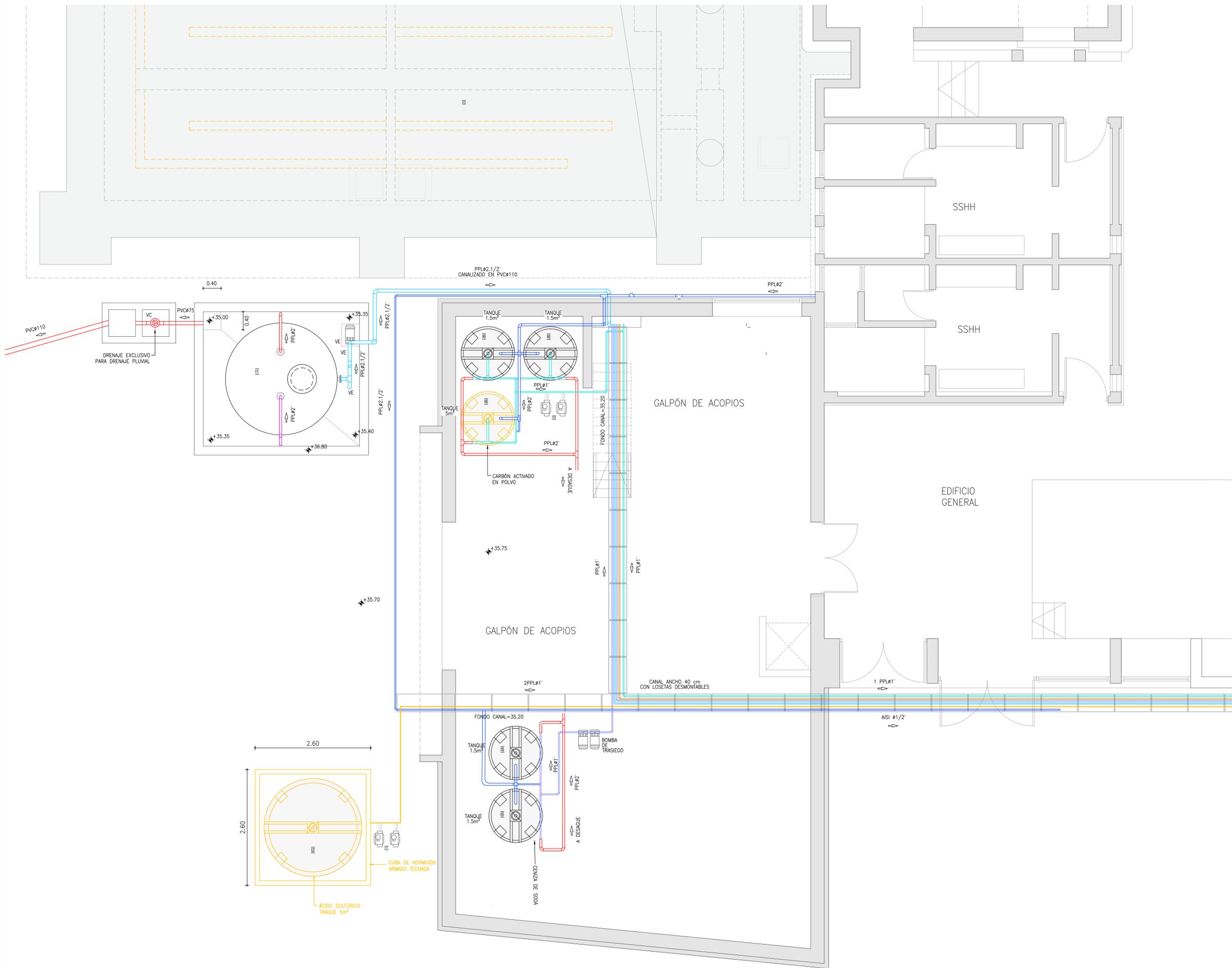
REFERENCIAS TUBERÍAS:

- PRODUCTOS QUÍMICOS
- AGUA POTABLE
- AGUA DE LAVADO
- PRODUCTOS QUÍMICOS_SULFATO DE ALUMINIO
- PRODUCTOS QUÍMICOS_POLIMERO DE PROCESO
- PRODUCTOS QUÍMICOS_CENIZA DE SODA
- PRODUCTOS QUÍMICOS_CARBÓN ACTIVADO
- VENTILACIÓN
- MODIFICACIONES

ABREVIATURAS:

- CM COMPUERTA MURAL MANUAL
- CMA COMPUERTA MURAL ACTUADA
- JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
- MN MANÓMETRO
- VAIR VÁLVULA DE AIRE
- VC VÁLVULA COMPUERTA MANUAL
- VE VÁLVULA ESÉRICA
- VM VÁLVULA MARIPOSA MANUAL
- VMA VÁLVULA MARIPOSA ACTUADA
- VMG VÁLVULA MODULANTE
- VPCB VÁLVULA PINCH
- VAPP VÁLVULA ANTI-RETORNO - PICO ALTO
- VAL VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN
- VR VÁLVULA RETENCIÓN
- JAV JUNTA ANTI-VIBRATORIA

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR					
Ubicación:	TRENTA Y TRES	Departamento:	TRENTA Y TRES		
PLANTA DE AGUA POTABLE					
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE					
Archivo:	Desindecion.dwg	Fecha:	18/04/2021		
Plano:	CASA QUÍMICA - PLANTAS 1		Plano n.º	16	
Estudiantes:	CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA PISCOPO	Tutores:	JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS	Escala:	1:25



- REFERENCIAS:
- H. DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN Y CONTACTO
 3. COMPARTIMENTOS DE CONTACTO (2) CON TABIQUE LONGITUDINAL
 VUNIT = 190 m³; TRH = 52 min
- I. CASA QUÍMICA
1. SILO DE ACUMULACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO LÍQUIDO EN PRFV: V=15m³
 2. DEPÓSITO DE ÁCIDO SULFÚRICO EN ACERO: V=5m³
 3. DEPÓSITO PARA SULFATO DE ALUMINIO LÍQUIDO EN PRFV (1) V=2,5m³
 4. DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE POLÍMERO DE PROCESO EN PRFV (3) CON AGITADOR MECÁNICO: V=1,5m³
 5. DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE CENIZA DE SODA EN PRFV (2) CON AGITADOR MECÁNICO: V= 1,5m³ / DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE CENIZA DE SODA EN PRFV (1) CON AGITADOR MECÁNICO: V= 2,5m³
 6. DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO EN POLVO EN PRFV (2) CON AGITADOR MECÁNICO: V= 1,5m³ / DEPÓSITO DE PREPARACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO EN PRFV (1) CON AGITADOR MECÁNICO: V= 5,0m³
 7. BOMBAS DOSIFICADORAS DE SULFATO DE ALUMINIO (1+1): Qmax=1200 L/h; AMT=4 bar
 8. BOMBAS DOSIFICADORAS DE POLÍMERO DE PROCESO (1+1): Qmax=304 L/h; AMT=6 bar
 9. BOMBAS DOSIFICADORAS DE CENIZA DE SODA (1+1): Qmax=504 L/h; AMT=10 bar
 10. BOMBAS DOSIFICADORAS DE CARBÓN ACTIVADO (1+1): Q=1200 L/h; AMT=4 bar
 11. BOMBAS DOSIFICADORAS DE ÁCIDO SULFÚRICO (1+1): Q=20 L/h; AMT=5 bar

- REFERENCIAS TUBERÍAS:
- PRODUCTOS QUÍMICOS
 - AGUA POTABLE
 - AGUA DE LAVADO
 - PRODUCTOS QUÍMICOS_SULFATO DE ALUMINIO
 - PRODUCTOS QUÍMICOS_POLÍMERO DE PROCESO
 - PRODUCTOS QUÍMICOS_CENIZA DE SODA
 - PRODUCTOS QUÍMICOS_CARBÓN ACTIVADO
 - VENTILACIÓN
 - MODIFICACIONES

- ABREVIATURAS:
- CM COMPUERTA MURAL MANUAL
 - CMA COMPUERTA MURAL ACTUADA
 - JDA JUNTA DESMONTAJE AUTOPORTANTE
 - MN MANÓMETRO
 - VAIR VÁLVULA DE AIRE
 - VC VÁLVULA COMPUERTA MANUAL
 - VE VÁLVULA ESÉRICA
 - VM VÁLVULA MARIPOSA MANUAL
 - VMA VÁLVULA MARIPOSA ACTUADA
 - VMG VÁLVULA MODULANTE
 - VPCH VÁLVULA PINCH
 - VAPP VÁLVULA ANTI-RETORNO - PICO ALTO
 - VAL VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN
 - VR VÁLVULA RETENCIÓN
 - JAV JUNTA ANTI-VIBRATORIA

FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR	
Ubicación: TREINTA Y TRES	Departamento: TREINTA Y TRES
PLANTA DE AGUA POTABLE	
READECUACIÓN DE PLANTA EXISTENTE	
Archivo: ProdQuim.dwg	Fecha: 18/04/2021
CASA QUÍMICA - PLANTA 2	
Estudiantes: CORINA DIAZ FERNANDA GÓMEZ PAULA FERRERO	Tutores: JULIETA LÓPEZ DANILO RÍOS
Plano n° 17	
Escala: 1:40	

ANEXO 2

	Unidad	Cantidad	Precio unitario USD	Precio total USD
Generales Obra Civil				47.886
Implantación de obra y obrador	general	1	19.321	19.321
Limpieza el terreno y replanteo	general	1	11.556	11.556
Nivelación del terreno	general	1	12.018	12.018
Limpieza final de obras	general	1	4.991	4.991
Bombeo de baja				99.456
Electrobomba sumergible marca FLYGT modelo NP - 3231/605	unidad	2	49.728	99.456
Unidad de contacto de Carbón Activado en Polvo				115.093
Proyecto estructural de nuevo tanque de homogenización recircular vútíl = 120 m ³ , diámetro = 6 m, Htotal = 6 m	general	1	16.570	16.570
Losa de piso	m ³	9	650	5.850
Paredes	m ³	17	1.142	19.406
Revestimiento interior con pintura epoxi	m ²	114	37	4.164
Agitador sumergible marca FLYGT 4430.310 (incluido Kit de instalación)	unidad	1	17.310	17.310
Kit Izaje Acero inoxidable AISI 304	unidad	1	3.765	3.765
Plataforma de apoyo con escaleras	unidad	1	1.000	1.000
Tuberías FD 400 mm	m	20	500	10.000
Válvula de cierre 400 mm	unidad	3	1.994	5.982
Te de FD 400 mm de pasaje lateral	unidad	2	713	1.426
Pasamuro de 400 mm	unidad	2	4.259	8.518
Codos 90° tubería FD 400 mm	unidad	2	550	1.100
Brida FD 400 mm	unidad	6	600	3.600
Junta de montaje de 400 mm de FD	unidad	3	2.629	7.887
Hormigón de macizo de anclaje para tubería 400 mm	m ³	2	800	1.600
Ampliar la cámara	m ³	4	670	2.680
Movimiento de suelo para conectar tuberías	m ³	7	5	35
Escalera metálica con baranda para ingreso	m	12	350	4.200
Coagulación				610
Piso de rejilla	m ²	1	60	60
Tubería de acero inoxidable 1/2 pulgada	m	1	500	500
Canaleta distribución de sulfato de aluminio / acero inoxidable	unidad	1	50	50

	Unidad	Cantidad	Precio unitario USD	Precio total USD
Sedimentadores				325
Hormigón losa para piso de canales	m ³	0,5	650	325
Filtro de carbón activado				125.498
Tubería FD 200 mm	m	14	450	6.300
Válvula de aire de FD 200 mm	unidad	1	2.628	2.628
Válvula esférica FD 200 mm	unidad	1	1.490	1.490
Válvula de alivio de presión FD 200 mm	unidad	1	3.400	3.400
Válvula modulante FD 200 mm	unidad	2	2.000	4.000
Válvula mariposa FD 200 mm	unidad	1	3.000	3.000
Codo de 90° tubería FD 200mm	unidad	5	370	1.850
Te de FD 200 mm	unidad	3	500	1.500
Brida FD 200 mm	unidad	8	400	3.200
Juntas desmonte FD 200 mm	unidad	6	500	3.000
Carbón activado granular	L	17.280	4	60.480
Arena	m ³	1,3	155	202
Grava	m ³	0,7	170	119
Fondo Leopoldo	m ³	9,6	350	3.360
Tanque vibra de vidrio	unidad	1	17.400	17.400
Hormigón losa para piso	m ³	20	650	13.000
Terraplén	m ³	30	8	249
Hormigón de macizo de anclaje para tubería 200 mm	m ³	0,4	800	320
Unidad de desinfección				17.083
Mampostería para tabiques	m ³	50,4	20	1.003
Hormigón losa de techo	m ³	24	650	15.600
Demolición para cambio compuertas	m ³	24	20	480
Tratamiento de lodos				4.685
Plataforma de inspección para filtro de bandas	unidad	1	4.685	4.685

	Unidad	Cantidad	Precio unitario USD	Precio total USD
Instalación de productos químicos				22.615
Bomba dosificadora de 200 L/h	unidad	1	1.042	1.042
Bomba dosificadora de 20 L/h	unidad	1	553	553
Tanques 5 m3 de fibra de vidrio	unidad	1	4.300	4.300
Tanques 5 m3 de acero	unidad	1	13.600	13.600
Hormigón losa de fondo / cuba tanque	m ³	3,5	650	2.275
Hormigón losa de paredes / cuba tanque	m ³	1,3	650	845
Tubería para conducción de ácido inoxidable	m	35	50	1.750
Eléctrica				103.032
Proyecto Eléctrico - Potencia y Control	general	3	4.230	12.690
Instalación eléctrica de potencia y control	general	3	30.114	90.342

Subtotal USD	536.282
Monto no contabilizado USD	160.885
Monto imponible USD	139.433
Leyes sociales USD	97.603
IVA (22%) USD	153.377
TOTAL con IVA USD	850.544

INVERSIÓN TOTAL USD (IVA + LLSS)	948.147
---	----------------

ANEXO 3

Presidencia de la República Oriental del Uruguay

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y MINERÍA

MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA

**MINISTERIO DE VIVIENDA ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO
AMBIENTE**

Montevideo, 03 Nov 2011

VISTO: el Decreto N° 315/994 de 5 de julio de 1994, por el que se aprueba el Reglamento Bromatológico Nacional;

RESULTANDO: que la División Salud Ambiental y Ocupacional de la Dirección General de la Salud del Ministerio de Salud Pública, eleva propuesta de modificación del Capítulo 25-Sección 1- Aguas definiciones y disposiciones generales del mencionado Reglamento;

CONSIDERANDO: I) que el Ministerio de Salud Pública entendió necesario revisar los parámetros que definen las características del agua potable y sus valores máximos admitidos, definidos en el Capítulo 25 del Reglamento Bromatológico Nacional, lo que se realizó tomando en cuenta los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de la Agencia Norteamericana de Protección al Ambiente (EPA), entre otros;

II) la creación de un Comité Especializado en el ámbito del Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT), con participación de Obras Sanitarias del Estado (OSE), Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA), Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA), Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), Ministerio de Salud Pública (MSP), Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), Facultades de Química y de Medicina de la Universidad de la República, Intendencia Municipal de Montevideo, Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), Organismo Uruguayo de Acreditación,

y en consulta con Asociaciones de Consumidores con el objetivo de la redacción de una norma de requisitos de agua potable;

III) que dicho Comité Especializado aprobó la redacción de la Norma UNIT N° 833.2008 de Requisitos de Agua Potable que establece el conjunto de requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano, cualquiera sea su fuente de captación, tipo de tratamiento, producción y sistema de distribución;

IV) que la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua, manifestó su interés en la actualización del Capítulo 25 del Reglamento Bromatológico Nacional, teniendo en cuenta la norma aprobada por UNIT;

V) que resulta conveniente adoptar las recomendaciones establecidos en la Norma UNIT 833.2008 reimpresión corregida julio 2010 como base para la elaboración del presente Decreto, con las incorporaciones que se dirán;

VI) que la modificación propuesta cuenta con el aval de la Dirección General de la Salud de la referida Secretaría de Estado;

ATENCIÓN: a lo preceptuado por la Ley Orgánica de Salud Pública N° 9.202 de 12 de enero de 1934;

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

DECRETA:

Artículo 1°.- Sustitúyese los numerales 25.1.1 a 25.1.6, y el numeral 25.1.24 del Capítulo 25 del Reglamento Bromatológico Nacional - Decreto N° 315/994 de 5 de julio de 1994 - Sección 1- AGUAS, los que quedarán redactados de la siguiente manera:
“25.1.1- Agua potable: es el agua apta para consumo humano, que no represente riesgos para la salud durante toda la vida del consumidor o que no genere rechazo por parte del mismo.

25.1.2- El agua destinada al riego de productos con fines agropecuarios, deberá cumplir con los parámetros previstos por el decreto N° 253/979 de 9 de mayo de 1979, con sus posteriores modificaciones, y con los lineamientos de la Ley de Riego N° 16.858 de 3 de setiembre de 1997.

Presidencia de la República Oriental del Uruguay

25.1.3. Adóptese la Norma UNIT 833.2008 reimpresión corregida julio 2010 numerales 3.2 a 6 inclusive que se incluye en el Anexo adjunto, considerándose parte del presente Decreto.

25.1.4 El plazo máximo para el cumplimiento de los valores objetivos de Plomo y Arsénico Total establecidos en la Tabla 4 de la Norma UNIT 833.2008 reimpresión corregida julio 2010 será de diez años a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto.

25.1.5 El valor máximo permitido (VMP) del parámetro Turbidez que deberá cumplir el agua potable distribuida por redes destinada total o parcialmente a terceros será de 3,0 NTU.

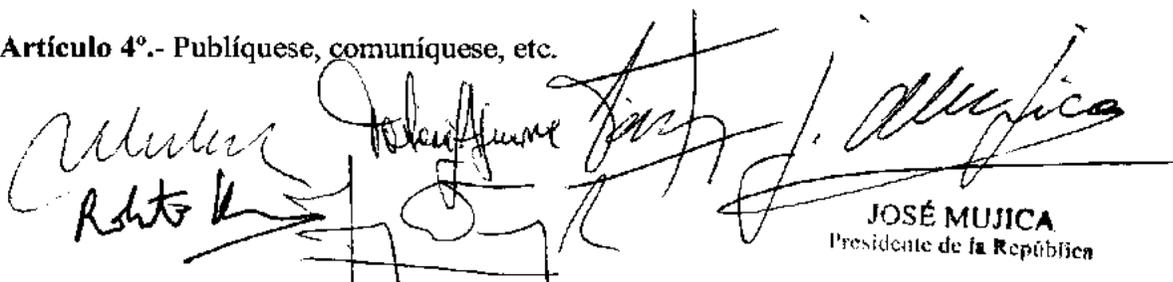
25.1.6- Queda prohibido el suministro de aguas no potables para consumo humano directo o indirecto. El Ministerio de Salud Pública podrá autorizar excepciones temporales para el cumplimiento de los valores máximos permitidos (VMP). La solicitud de exención temporal deberá ser presentada ante el Ministerio de Salud Pública adjuntando la información sobre las desviaciones detectadas, de acuerdo a requisitos establecidos por esta Secretaría de Estado, informando de ello al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente y a la Unidad Reguladora de Energía y Agua.

25.1.24 Las técnicas analíticas necesarias para establecer las características de potabilidad del agua, normas de calidad de aguas envasadas y de hielo, tendrán como métodos de ensayos de referencia última los establecidos en la Norma UNIT 833.2008 reimpresión corregida julio 2010”.

Artículo 2°.- Disposición Transitoria. Se establece un plazo de 90 días para que el prestador presente ante el Ministerio de Salud Pública la solicitud de excepciones para los servicios existentes conforme lo previsto en el Artículo 1° del presente Decreto.

Artículo 3°.- Derógase el Decreto N° 110/011 de 18 de marzo de 2011.

Artículo 4°.- Publíquese, comuníquese, etc.


JOSÉ MUJICA
Presidente de la República

Francis J. Rogers

SE ANEXA AL TEXTO DEL DECRETO

NORMA UNIT 833:2008

Reimpresión corregida Julio 2010

Agua potable – Requisitos



Norma desarrollada en el marco
del Proyecto UNIT-BID/Fomin



BID - IADB



Número de referencia
UNIT 833:2008

La Norma UNIT 833:2008 “**Agua potable. Requisitos**” es la revisión de la Norma UNIT 833 “Agua potable. Parámetros indicadores de calidad” publicada en el año 1990 a la cual sustituye.

En julio de 2010 se reimprimió la presente norma a los efectos de corregir un error de impresión. En efecto, se había omitido en el apartado 5.4.1.1, Tabla 4, el renglón correspondiente al requisito de dureza total.





UNIT 833:2008

AGUA POTABLE**REQUISITOS****1 - OBJETO**

Esta Norma establece un conjunto de requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano, cualquiera sea su fuente de captación, tipo de tratamiento, producción y sistema de distribución.

Las autoridades competentes son las responsables últimas de establecer, en cada momento, los requisitos que se deben cumplir para considerar el agua como potable. Así mismo éstas son las responsables de establecer las frecuencias de muestreo y ensayos.

Es responsabilidad del usuario de esta Norma asegurarse que cumple con la reglamentación vigente aplicable al respecto.

Esta Norma no tiene como objeto establecer los requisitos para el agua envasada.

2 - REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes Normas contienen disposiciones que, a través de referencias en este texto constituyen disposiciones de esta Norma. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. No obstante, se recomienda a las partes que basen sus acuerdos en esta Norma, que investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de los documentos normativos citados a continuación. Para las referencias sin fecha se recomienda que se investigue la posibilidad de aplicar la última edición del documento referido. UNIT mantiene registros de las normas en vigencia.

ISO 5667-1: 2006, Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de programas y técnicas de muestreo.^(*)

ISO 6461-2:1986, Calidad de agua. Detección y cuantificación de esporas anaerobios sulfito reductores (*Clostridios*). Parte 2: Método de membrana de filtración.^(*)

ISO 8467:1993, Calidad del agua. Determinación del índice de permanganato.^(*)

ISO 20179:2005, Calidad del agua. Determinación de microcistinas. Método utilizando extracción

^(*) Mientras no haya Norma UNIT al respecto.

en fase sólida (SPE) y cromatografía líquida de alto desempeño (HPLC) con detector ultravioleta (UV). (*)

UNIT-ISO 5667-3: 2003, Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y manipulación de las muestras de agua.

UNIT-ISO 5667-5: 2006, Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para el muestreo de agua potable en las plantas de tratamiento y sistemas de distribución.

UNIT-ISO 5667-16: 1998, Calidad del agua. Muestreo. Parte 16: Guía para los ensayos biológicos de muestras.

UNIT-ISO 19458: 2006, Calidad del agua. Muestreo para análisis microbiológico.

UNIT 856:2008, Agua. Muestreo. Requisitos específicos para toma de muestra para ensayos microbiológicos.

UNIT 942:2008, Agua potable. Análisis microbiológico. Detección de *Pseudomonas aeruginosa*. Método de enriquecimiento en medio líquido.

American Public Health Association (APHA),

SMEWW, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (**)

Environmental Protection Agency (EPA),

EPA, Drinking water methods. (***)

3 - TÉRMINOS Y DEFINICIONES

3.1

agua potable

agua apta para consumo humano que no represente riesgos para la salud durante toda la vida del consumidor o que genere rechazo por parte del mismo.

3.2

parámetro de control

parámetro a determinar cuando:

- se requiere caracterizar una nueva fuente de agua,
- se realiza el control de la calidad del agua potable en forma rutinaria.

(*) Mientras no haya Norma UNIT al respecto.

(**) Disponible para consulta en el Centro de Documentación de UNIT.

(***) Disponible para consulta en formato digital en el sitio de internet de las Publicaciones Nacionales de Medioambiente (NEPIS) (<http://www.epa.gov/nscep>).

3.3

parámetro adicional

parámetro a determinar cuando:

- se requiere caracterizar una nueva fuente de agua,
- como acción preventiva se establece una frecuencia para su evaluación,
- existan indicios para la presunción de su presencia en la muestra a ensayar.

NOTA 1: Esta clase de parámetros están explícitamente establecidos en las Tablas 2, 5, 8, 11 y 13 de esta Norma.

NOTA 2: En base a datos epidemiológicos o sanitarios en el país se podrá establecer el estudio de los parámetros biológicos, físicos, químicos o radioquímicos (incluso no establecidos en esta Norma) de acuerdo a los requerimientos de la autoridad sanitaria.

3.4

parámetro complementario

parámetro a determinar cuando exista justificación razonable para la presunción de su presencia en la muestra a ensayar.

NOTA 1: Esta clase de parámetros están explícitamente establecidos en las Tablas 6, 9 y 12 de esta Norma

NOTA 2: En base a datos epidemiológicos o sanitarios en el país se podrá establecer el estudio de los parámetros biológicos, físicos, químicos o radioquímicos (incluso no establecidos en esta Norma) de acuerdo a los requerimientos de la autoridad sanitaria.

3.5

Valor máximo permitido (VMP)

valor que representa el nivel máximo en concentración de un componente, por encima del cual la muestra no cumple con los requisitos de esta Norma.

NOTA: En el caso del pH se establece un intervalo en lugar de un valor máximo.

3.6

Valor objetivo

valor máximo de concentración de un componente, que se deberá cumplir en un plazo a ser establecido por las autoridades competentes.

4 - TOMA DE LA MUESTRA

El muestreo de agua potable puede tener distintos objetivos:

- a) determinar la calidad del agua en el sistema de distribución, cuando es suministrada por red, (lo cual es responsabilidad del distribuidor);
- b) determinar la calidad del agua tal como llega al grifo para su consumo (que puede estar alterada en la red de distribución o en la red interna del edificio);
- c) determinar la calidad del agua tal como sale de un grifo (para estudiar incluso el efecto del grifo en la calidad del agua).

Es importante que el laboratorio reciba una muestra representativa de acuerdo al objetivo establecido y que no haya sufrido daño o transformación durante el transporte o el almacenamiento.

Los métodos para la toma de las muestras no es objeto de esta Norma. En las Normas ISO 5667-1, UNIT-ISO 5667-3, UNIT-ISO 5667-5, UNIT-ISO 5667-16, UNIT-ISO 19458 y UNIT 856 se establecen métodos recomendados para la toma de las muestras.

5 - REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO

5.1 Parámetros microbiológicos

5.1.1 Requisitos para los parámetros de control microbiológico y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a los parámetros de control microbiológico se indican en la Tabla 1.

Tabla 1 – Requisitos para los parámetros de control microbiológico y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo
Coliformes totales	Ausencia en 100 ml	---	SMEWW 9221 D
Coliformes fecales (termotolerantes) o <i>Escherichia coli</i>	Ausencia en 100 ml	---	SMEWW 9221 E SMEWW 9222 G
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia en 10 ml	---	UNIT 942
Heterotróficos a 35° C	500	ufc/ml	SMEWW 9215

El agua potable no debe contener bacterias patógenas tales como *Salmonella sp* o *Shigella sp*, enterovirus, ni parásitos tales como *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolítica*, entre otros.

NOTA: En el momento de la publicación de esta Norma se está implementando las metodologías adecuadas para la determinación de los parámetros antes mencionados.

5.1.2 Requisitos para los parámetros adicionales microbiológicos y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a los parámetros adicionales microbiológicos se indican en la Tabla 2.

Tabla 2 – Requisitos para los parámetros adicionales microbiológicos y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Método de ensayo
<i>Enterococos</i>	Ausencia en 100 ml	SMEWW 9230
<i>Clostridios</i> sulfito reductores	Ausencia en 100 ml	ISO 6461-2

5.2 Parámetros biológicos

El agua potable no debe contener organismos en cantidades que afecten las características sensoriales del agua o sean peligrosos para la salud, tales como:

- algas potencialmente tóxicas;
- rotíferos, copépodos, dáfidos, helmintos, insectos.

5.3 Parámetros físicos

5.3.1 Requisitos para los parámetros de control físico y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a los parámetros de control físico se indican en la Tabla 3.

Tabla 3 - Requisitos para los parámetros de control físico y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo	Observaciones
Color verdadero	15	U . Pt-Co	SMEWW 2120 C	
Conductividad a 25 °C	2000	$\mu\text{S cm}^{-1}$	SMEWW 2510 B	Si el valor de conductividad es mayor de $1300 \mu\text{S cm}^{-1}$ y menor o igual a $2000 \mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C se debe realizar la determinación de Sólidos totales disueltos (ver tabla 4).
Olor	Característico	---	SMEWW 2160 C	Ausencia de olor extraño.
Sabor	Característico	---	SMEWW 2160 C	Ausencia de sabor extraño.
pH	6,5 – 8,5	---	SMEWW 4500 - H ⁺ B	
Turbidez	1,0	N.T.U	SMEWW 2130 B	En el caso de agua potable suministrada por un sistema de distribución, el VMP establecido en la tabla es a la salida del tratamiento.

5.4 Parámetros químicos

5.4.1 Parámetros químicos inorgánicos

5.4.1.1 Requisitos para los parámetros de control químico inorgánico y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a los parámetros de control químico inorgánico se indican en la Tabla 4.

Tabla 4 - Requisitos para los parámetros de control químico inorgánico y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo	Observaciones
Aluminio	0,2	mg/l	SMEWW 3500 - Al B	
Amoníaco (como NH ₄ ⁺)	1,5	mg/l	SMEWW 4500 - NH ₃ D	
Arsénico Total	0,02	mg/l	SMEWW 3113 B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud. El valor objetivo es 0,01 mg/l.
Cadmio	0,003	mg/l	SMEWW 3113 B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Cloruros	250	mg/l	SMEWW 4500 - Cl ⁻ B	El VMP se establece considerando las propiedades sensoriales del agua.
Cobre	1	mg/l	SMEWW 3111 B	A concentraciones mayores de 2 mg/l presenta riesgos para la salud.
Cromo (total)	0,05	mg/l	SMEWW 3113 B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Dureza Total	500	mg/l	SMEWW 2340 C	El VMP se establece considerando las propiedades sensoriales del agua.
Flúor	1,5	mg/l	SMEWW 4500 - F ⁻ C	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Hierro	0,3	mg/l	SMEWW 3111 B	El VMP se establece considerando las propiedades sensoriales del agua.
Manganeso	0,1	mg/l	SMEWW 3111 B	A concentraciones mayores de 0,4 mg/l presenta riesgos para la salud.
Mercurio	0,001	mg/l	SMEWW 3112 B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Nitrato (como NO ₃ ⁻)	50	mg/l	SMEWW 4500 - NO ₃ ⁻ B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Nitrito (como NO ₂ ⁻)	0,2	mg/l	SMEWW 4500 - NO ₂ ⁻ B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Plomo	0,03	mg/l	SMEWW 3113 B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud. El valor objetivo es 0,01 mg/l.
Sodio	200	mg/l	SMEWW 3111 B	El VMP se establece considerando las propiedades sensoriales del agua.
Sólidos totales disueltos	1000	mg/l	SMEWW 2540 C	Se debe realizar esta determinación sólo cuando el valor de conductividad es mayor de 1300 μS cm ⁻¹ y menor o igual a 2000 μS cm ⁻¹ a 25 °C. (ver Tabla 3).
Sulfato	400	mg/l	SMEWW 4500 - SO ₄ ⁼ E	A concentraciones mayores de 500 mg/l puede presentar efecto laxante para poblaciones sensibles.
Zinc	4	mg/l	SMEWW 3111 B	El VMP se establece considerando las propiedades sensoriales del agua.

5.4.1.2 Requisitos para los parámetros adicionales químicos inorgánicos y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a los parámetros adicionales químicos inorgánicos se indican en la Tabla 5.

Tabla 5 - Requisitos para los parámetros adicionales químicos inorgánicos y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo	Observaciones
Bario	0,7	mg/l	SMEWW 3113 B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Boro	0,5	mg/l	SMEWW 4500 – B ⁻ B	
Cianuro (como CN ⁻ libre)	0,07	mg/l	SMEWW 4500 – CN ⁻ C y E	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Níquel	0,02	mg/l	SMEWW 3111 B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Selenio	0,01	mg/l	SMEWW 3113 B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Sulfuro	0,05	mg/l	SMEWW 4500 - S ⁻	El VMP se establece considerando las propiedades sensoriales del agua.

5.4.1.3 Requisitos para los parámetros complementarios químicos inorgánicos y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a los parámetros complementarios químico inorgánicos se indican en la Tabla 6.

Tabla 6 - Requisitos para los parámetros complementarios químicos inorgánicos y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo	Observaciones
Antimonio	0,005	mg/l	SMEWW 3113 B	
Berilio	0,004	mg/l	SMEWW 3113 B	
Molibdeno	0,07	mg/l	SMEWW 3111 B	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud.
Plata	0,1	mg/l	SMEWW 3113 B	
Talio	0,002	mg/l	SMEWW 3113 B	

5.4.2 Parámetros químicos orgánicos

5.4.2.1 Requisitos para los parámetros de control químico orgánico y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a parámetros de control químico orgánico se indican en la Tabla 7.

Tabla 7 - Requisitos para los parámetros de control químico orgánico y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo
2,4 D	30	µg/l	EPA 515
Alaclor	20	µg/l	EPA 508.1
Atrazina	3	µg/l	EPA 508.1
Clorpirifos	30	µg/l	EPA 525.2
Permetrina	20	µg/l	EPA 508.1
Simazina	2	µg/l	EPA 508.1

5.4.2.2 Requisitos para los parámetros adicionales químicos orgánicos y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a los parámetros adicionales químicos orgánicos se indican en la Tabla 8.

Tabla 8 - Requisitos para los parámetros adicionales químicos orgánicos y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo	Observaciones
2,4 DB	90	µg/l	EPA 515	
Acrilamida	0,5	µg/l	EPA 8032	No es un requisito para caracterizar fuentes de agua.
Aldrin y Dieldrin	0,03	µg/l	EPA 508.1	
Benceno	10	µg/l	EPA 524.2	
Benzo (a) pireno (PAHs)	0,7	µg/l	EPA 525.2	
Bifenilos policlorados - PCBs-Arocloros como decaclorobifenilos)	0,5	µg/l	EPA 508.1	
Cloruro de vinilo	0,3	µg/l	EPA 524.2	
DDT (total isómeros)	1	µg/l	EPA 508.1	
Diclorometano	20	µg/l	EPA 524.2	
Endrin	2	µg/l	EPA 508.1	
Epiclorhidrina	0,4	µg/l	EPA 8032	
Ftalato de di(2etilhexilo)	8	µg/l	EPA 525.2	
Glifosato + AMPA	700	µg/l	SMEWW 6651 B	
Heptacloro y heptacloroepóxido	0,03	µg/l	EPA 508.1	
Hexaclorobenceno	1	µg/l	EPA 508.1	
Lindano	2	µg/l	EPA 508.1	
Materia oxidable con permanganato de potasio	5	mg/l O ₂	ISO 8467	
Metoxicloro	20	µg/l	EPA 508.1	
Microcistina LR	1	µg/l	ISO 20179	
Molinate	6	µg/l	EPA 525.2	
Pentaclorofenol	9	µg/l	EPA 515	

5.4.2.3 Requisitos para los parámetros complementarios químicos orgánicos y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a los parámetros complementarios químicos orgánicos se indican en la Tabla 9.

Tabla 9 - Requisitos para los parámetros complementarios químicos orgánicos y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo	Observaciones
1,1-Dicloroetano	30	µg/l	EPA 524.2	
1,2 dicloro propano	40	µg/l	EPA 524.2	
1,2 Dicloroetano	50	µg/l	EPA 524.2	
1,2-Diclorobenceno	1000	µg/l	EPA 524.2	El VMP se establece considerando los riesgos que presenta para la salud. A concentraciones mayores de 1 µg/l puede afectar las propiedades sensoriales.
1,2-Dicloroetano	30	µg/l	EPA 524.2	
1,3-Dicloropropeno	20	µg/l	EPA 524.2	
1,4 Diclorobenceno	300	µg/l	EPA 524.2	
2,4,5 T	9	µg/l	EPA 515	
Aceto nitrilos halogenados	20	µg/l	EPA 524.2	
Acido nitrilotriacético (NTA)	200	µg/l	EPA 430	
Clorotoluron	30	µg/l	EPA 525	
Dicloro aceto nitrilo	20	µg/l	EPA 551	
Dicloroprop	100	µg/l	EPA 556	
Dimetoato	6	µg/l	EPA 525	
Dioxina (2,3,7,8-TCDD) (COP)	3 x 10 ⁻⁵	µg/l	EPA 1613	
EDTA	600	µg/l	(*)	(*) En el momento de la publicación de esta Norma se está implementando la metodología adecuada .
Estireno	20	µg/l	EPA 524.2	
Etilbenceno	300	µg/l	EPA 524.2	A concentraciones menor de 300 µg/l puede afectar las propiedades sensoriales.
Fenoprop (2,4,5 TP)	9	µg/l	EPA 515	
Monoclorobenceno	30	µg/l	EPA 524.2	El VMP se establece considerando las propiedades sensoriales del agua. A concentraciones mayores de 300 µg/l puede afectar la salud.
Surfactantes aniónicos (MBAS)	500	µg/l	SMEWW 5540 C	Expresado como lauril sulfato de amonio.
Tetracloroetano	40	µg/l	EPA 524	
Tetracloruro de carbono	5	µg/l	EPA 524.2	
Tolueno	170	µg/l	EPA 524.2	A concentraciones mayores de 700 µg/l puede afectar la salud.
Triclorobencenos (totales)	20	µg/l	EPA 524.2	
Tricloroetano	70	µg/l	EPA 524.2	
Trifluralina	20	µg/l	EPA 508	
Xileno	300	µg/l	EPA 524.2	A concentraciones mayores de 500 µg/l puede afectar la salud.

5.4.3 Parámetros asociados a desinfectantes y productos secundarios de la desinfección

5.4.3.1 Requisitos para los parámetros de control asociados a desinfectantes y productos secundarios de la desinfección y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a parámetros de control asociados a desinfectantes y productos secundarios de la desinfección se indican en la Tabla 10.

Tabla 10 - Requisitos para los parámetros de control asociados a desinfectantes y productos secundarios de la desinfección, y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo	Observaciones
Ácidos acéticos clorados				
Ácido monocloroacético	0,02	mg/l	EPA 552.1	
Ácido dicloroacético	0,05	mg/l	EPA 552.1	
Ácido tricloroacético	0,2	mg/l	EPA 552.1	
Tricloroacetaldehído (hidrato de cloral)	0,01	mg/l	EPA 552.1	
Cloraminas totales (como Cloro, Cl₂)				
	3	mg/l	SMEWW 4500 – Cl G	
Cloro libre	2,5	mg/l	SMEWW 4500 – Cl G	Sólo en casos de emergencia sanitaria, se puede aceptar valores mayores. A concentraciones mayores de 5 mg/l presenta riesgos para la salud.
Trihalometanos (*)				
Bromoformo	0,1	mg/l	EPA 524.2	
Bromodichlorometano (BDCM)	0,06	mg/l	EPA 524.2	
Cloroformo	0,15	mg/l	EPA 524.2	
Dibromodichlorometano (DBCM)	0,1	mg/l	EPA 524.2	

(*) Además se debe cumplir :

$$\frac{C_{\text{bromoformo}}}{VMP_{\text{bromoformo}}} + \frac{C_{\text{BDCM}}}{VMP_{\text{BDCM}}} + \frac{C_{\text{Cloroformo}}}{VMP_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{DBCM}}}{VMP_{\text{DBCM}}} \leq 1$$

donde :

C es la concentración determinada para cada compuesto según corresponda, expresada en mg/l.

5.4.3.2 Requisitos para los parámetros adicionales asociados a desinfectantes y productos secundarios de la desinfección y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a parámetros adicionales asociados a desinfectantes y productos secundarios de la desinfección se indican en la Tabla 11.

Tabla 11 - Requisitos para los parámetros adicionales asociados a desinfectantes y productos secundarios de la desinfección, y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo	Observaciones
2,4,6 Triclorofenol	0,002	mg/l	EPA 515	El VMP se establece considerando las propiedades sensoriales del agua. A concentraciones mayores de 0,2 mg/l puede afectar la salud.

5.4.3.3 Requisitos para los parámetros complementarios asociados a desinfectantes y productos secundarios de la desinfección y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a los parámetros complementarios asociados a desinfectantes y productos secundarios de la desinfección se indican en la Tabla 12.

Tabla 12 - Requisitos para los parámetros complementarios asociados a desinfectantes y productos secundarios de la desinfección, y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo	Observaciones
Aldehídos (como formaldehídos)	0,9	mg/l	SMEWW 6252 B	Incluye: Formaldehído; Acetaldehído; Glioxal; Metilglioxal.
Bromato (como BrO ₃ ⁻)	0,01	mg/l	EPA 300.1	
Clorato (como ClO ₃ ⁻)	0,7	mg/l	EPA 300.1	
Clorito (como ClO ₂ ⁻)	0,7	mg/l	EPA 300.1	Subproducto de la desinfección con dióxido de cloro.

5.5 Parámetros radioactivos

5.5.1 Requisitos para los parámetros adicionales radioactivos y métodos de ensayo

Los requisitos referidos a los parámetros adicionales radioactivos se indican en la Tabla 13.

Tabla 13 - Requisitos para los parámetros adicionales radioactivos y métodos de ensayo

Parámetro	VMP	Unidad	Método de ensayo
Radioactividad Alfa y Beta total	1,0	Bq./l	SMEWW 7010, 7030, 7110

6 - REQUISITOS DEL INFORME DE ENSAYO

Los informes referidos a las determinaciones de los parámetros indicados en esta Norma deben contener lo siguiente:

- a) detalles del procedimiento de muestreo haciendo referencia al objetivo de muestreo establecido (con purga, sin purga, etc.);
- b) método de ensayo utilizado;

- c) resultado obtenido para cada parámetro determinado y el VMP correspondiente, según lo establecido en esta Norma;
- d) que los resultados se refieren exclusivamente a la muestra ensayada,
- e) cualquier observación referente a la muestra o al ensayo,
- f) identificación del responsable.

En caso de ser solicitado, se puede informar si la muestra cumple o no cumple con los requisitos establecidos en la presente Norma de acuerdo a los parámetros ensayados.



INFORME CORRESPONDIENTE A LA NORMA UNIT 833:2008**AGUA POTABLE****REQUISITOS****1 - INTRODUCCIÓN**

En el año 2007, ante una solicitud de la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA), y en el marco del Proyecto UNIT-AMN/BID "Acceso a los mercados y a la integración regional a través de la normalización técnica", UNIT constituyó un Comité Especializado a los efectos de elaborar y revisar normas referidas a Agua Potable.

La presente Norma UNIT es la revisión de la Norma UNIT 833:1990 Agua potable Parámetros indicadores de calidad, a la cual sustituye.

2 - COMITÉ ESPECIALIZADO

Para constituir e integrar un Comité Especializado se solicitó la designación de delegados a:

Ministerio de Economía y Finanzas (cc. Área de Defensa al Consumidor); Ministerio de Industria, Energía y Minería; Ministerio de Salud Pública; Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (cc: DINASA, DINAMA, RELAU); Cámara Nacional de Comercio y Servicios; Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA); Obras Sanitarias del Estado (OSE); Congreso Nacional de Intendentes; Intendencia Municipal de Artigas; Intendencia Municipal de Salto; Intendencia Municipal de Paysandú; Intendencia Municipal de Río Negro; Intendencia Municipal de Soriano; Intendencia Municipal de Colonia; Intendencia Municipal de San José; Intendencia Municipal de Flores; Intendencia Municipal de Florida; Intendencia Municipal de Montevideo; Intendencia Municipal de Canelones; Intendencia Municipal de Maldonado; Intendencia Municipal de Rocha; Intendencia Municipal de Lavalleja; Intendencia Municipal de Durazno; Intendencia Municipal de Cerro Largo; Intendencia Municipal de Tacuarembó; Intendencia Municipal de Rivera; Intendencia Municipal de Treinta y Tres; Facultad de Química (CC: UAA); Facultad de Ingeniería; Facultad de Ciencias; Facultad de Medicina; Representación de la OPS/OMS en el Uruguay; Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Organismo Uruguayo de Acreditación (OUA); Asociación de Ingenieros del Uruguay; Asociación de Ingenieros Químicos del Uruguay; Asociación de Química y Farmacia; Sindicato Médico del Uruguay; Agrupación de Laboratorios Ambientales del Uruguay (ALADU); Liga de Defensa al Consumidor; Asociación de Consumidores y Usuarios.

3 - ANTECEDENTES

Para la elaboración de la presente norma el Comité Especializado tuvo en cuenta, fundamentalmente los siguientes antecedentes:

3.1 Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT)

UNIT 833:1990, Agua potable. Parámetros indicadores de calidad.

3.2 Organización Mundial de la Salud (OMS)

Guidelines for drinking-water quality, Vol 1, 3ª Edición, incorporating first addendum.

3.3 Environmental Protection Agency, U.S (EPA)

National Primary and Secondary Drinking Water Standards, junio 2003.

3.4 Directiva de la Unión Europea

Official Journal of the European Communities. Council Directives 98/83/EC, on the quality of water intended for human consumption, 3 Noviembre 1998.

3.5 Ministerio de Salud Pública, Uruguay

Reglamento Bromatológico Nacional. Decreto 315/94, 2ª. Edición, 5 de julio de 1994.

3.6 Obras Sanitarias del Estado (OSE), Uruguay

Norma interna de calidad de Agua Potable, Parámetros Indicadores de Calidad, Diciembre 2006.

3.7 Committee on Health and the Environment, Canadá

Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment, Canadá, March 2006.

3.8 Instituto Nacional de Normalización (INN – Chile)

Norma Chilena Oficial NCh 409/1.Of 2005, Agua Potable – Requisitos, 2005.

3.9 Ministerio de Salud, Brasil

Portaria N° 518, , 25 de marzo de 2004.

4 - CONSIDERACIONES

Esta Norma es la revisión de la Norma UNIT 833 “Agua potable. Parámetros indicadores de calidad” publicada en el año 1990 a la cual sustituye.

La metodología de trabajo para la revisión, adoptada por el Comité Especializado, consistió en un análisis comparativo de los antecedentes, principalmente las Guías de la OMS, las recomendaciones de EPA, las Directivas de la Comunidad Europea y la Norma interna de calidad de agua potable de OSE; y en base a dicho análisis se establecieron los requisitos que se indican en esta Norma.

También se tuvieron en cuenta los datos históricos aportados por OSE, URSEA, Facultad de

Química y los laboratorios particulares, así como la experiencia, los estudios y la capacidad tecnológica existentes en el país referidos al agua potable.

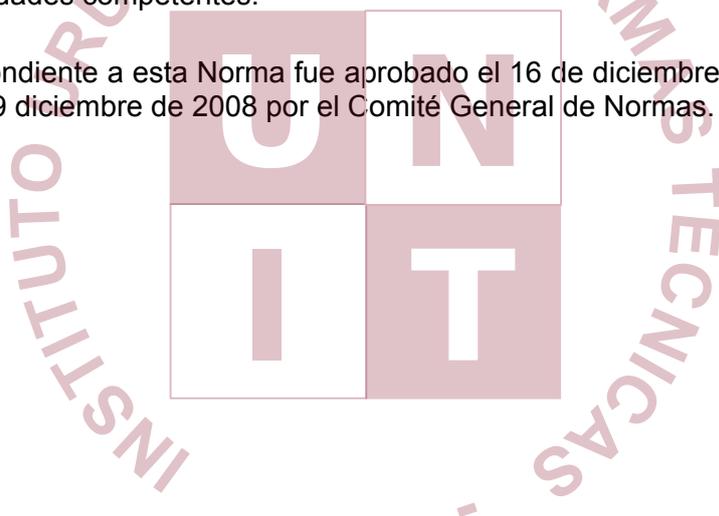
La Norma UNIT 833:2008 fue aprobada por todos los participantes del Comité pero se debe destacar que existen algunos puntos en particular que luego de sendas discusiones no fueron acordados y por lo tanto no aparece en esta edición de la Norma.

Estos parámetros se refieren a:

- 1) turbidez en la red de distribución,
- 2) cloro residual en la red de distribución,
- 3) condiciones de tratamiento de desinfección del agua,
- 4) recomendaciones para la introducción de ensayos biológicos (bioensayos).

Consta en las actas de las reuniones del Comité Especializado las consideraciones y deliberaciones sobre estos temas, los que podrán ser retomados en una futura revisión de la Norma; no obstante estos parámetros pueden ser considerados en los reglamentos que pudieran establecer las autoridades competentes.

El proyecto correspondiente a esta Norma fue aprobado el 16 de diciembre de 2008 por el Comité Especializado y el 19 diciembre de 2008 por el Comité General de Normas.



ANEXO 4

NORMA INTERNA DE CALIDAD

DE AGUA POTABLE



Administración de las Obras Sanitarias del Estado

Aprobada por R/D 1477/06 del 20/12/2006
Modificada por R/D 1784/11 del 30/11/2011 y por R/D 137/12 del 01/02/2012,
dejando sin efecto el capítulo 5 (Pág 7-14).

<u>INDICE</u>	<u>Página</u>
1- <u>INTRODUCCION</u> -----	3
2- <u>OBJETO Y ALCANCE</u> -----	4
3- <u>ANTECEDENTES Y REFERENCIAS NORMATIVAS</u> -----	5
4- <u>DEFINICIONES</u> -----	6
5- <u>REQUISITOS DE CALIDAD PARA EL AGUA POTABLE</u> -----	7
5.1- COMPONENTES MICROBIOLÓGICOS.	
5.1.1 - Calidad Bacteriológica	
5.1.2 - Calidad Hidrobiológica	
5.1.3 - Otros componentes biológicos	
5.2- COMPONENTES QUÍMICOS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
5.2.1 - Sustancias químicas que presentan riesgo para la salud a niveles superiores a los establecidos.	
5.2.2 - Características físicas y sustancias químicas que afectan la calidad organoléptica del agua.	
5.3- COMPONENTES RADIOACTIVOS	
6- <u>MUESTREO</u> -----	15
6.1- COMPONENTES MICROBIOLÓGICOS	
6.1.1 - Calidad Bacteriológica	
6.1.2 - Calidad Hidrobiológica	
6.2 -COMPONENTES QUÍMICOS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
7- <u>MÉTODOS ANALÍTICOS</u> -----	18
7.1- COMPONENTES MICROBIOLÓGICOS	
7.1.1 - Calidad Bacteriológica	
7.1.2 - Calidad Hidrobiológica	
7.2- COMPONENTES QUÍMICOS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
7.2.1 - Características Físicas	
7.2.2 - Componentes Inorgánicos	
7.2.3 - Componentes Orgánicos	

1. INTRODUCCION

Disposiciones Generales

Esta Norma Interna establece parámetros indicadores y sus valores límites admitidos para prevenir y controlar los riesgos para la salud humana, que pueden ser causados por el consumo directo o indirecto del agua.

Las autoridades de la Administración de las Obras Sanitarias del Estado, en uso de las atribuciones que le confiere su Carta Orgánica (Ley 11.907 del año 1952), promueven la revisión periódica de los parámetros indicadores de calidad del agua, atendiendo a los continuos avances científicos y tecnológicos que son utilizados para el mantenimiento y mejoramiento de la calidad del agua de bebida.

El presente documento toma como base el Reglamento Bromatológico Nacional (Decreto 315/94 del 5 de julio de 1994, 2ª. Ed.), y es revisión de las "Normas de Calidad de Aguas Potables", aprobadas por R/D N° 1185/86 del mes de junio de 1986.

Esta Norma Interna es de aplicación en todo el territorio nacional donde OSE realiza operaciones. Es responsabilidad de las jerarquías pertenecientes al área técnica dar cumplimiento a lo establecido, así como brindar las justificaciones que correspondan en el caso de eventuales apartamientos u observaciones, ya sean de índole operativo o de naturaleza geológica, meteorológica, biológica, etc., que constituyan la excepción.

Todo procedimiento operativo, o instalación destinada a la producción o distribución de agua para consumo humano que implemente la Administración, debe garantizar el cumplimiento de las disposiciones de esta Norma Interna.

CAPITULO 5 (pág7-14) DEJADO SIN EFECTO POR R/D 1784/11 Y R/D 371/12

2. OBJETO Y ALCANCE

El objeto de esta Norma Interna es proteger la salud de los consumidores, estableciendo los requisitos que debe cumplir el agua para consumo humano, para ser considerada como potable, cualquiera sea su fuente de captación, tipo de tratamiento, producción y distribución, hasta los límites que marcan la responsabilidad del Organismo frente al usuario.

La responsabilidad de la Administración de las Obras Sanitarias del Estado, en lo que tiene relación con el cumplimiento de esta NORMA INTERNA DE CALIDAD DE AGUA POTABLE, queda limitada a las aguas provistas por el Organismo mientras circulen por las instalaciones y tuberías de su pertenencia.

CAPITULO 5 (pág7-14) DEJADO SIN EFECTO POR RID 1784/11 Y RID 127/12

3. ANTECEDENTES Y REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 Anteproyecto de Norma para Agua Potable, Parámetros Indicadores de Calidad, R/D 684/95 y R/D 327/01, OSE (documento borrador).
- 3.2 EPA – National Primary and Secondary Drinking Water Standards, www.epa.gov/safewater, junio 2003.
- 3.3 Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, “Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable”, 13 de febrero de 1998
- 3.4 Guías para elaborar Normas de calidad del agua de bebida en los países en desarrollo, Felipe Solsona, CEPIS, 2002.
- 3.5 Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment, Canadá, March 2006.
- 3.6 Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- 3.7 Ministerio de Salud Pública - Reglamento Bromatológico Nacional. Decreto 315/94, 2ª. Edición, 5 de julio de 1994.
- 3.8 Norma Chilena NCh 409/1. Of 2005 Agua Potable – requisitos, año 2005
- 3.9 Normas de Calidad de Aguas Potables, OSE, R/D N° 1185/86, junio 1986.
- 3.10 Norma de calidad para el agua de bebida de Suministro Público, Serie Documento Técnico N°3 - COFES (Consejo Federal de Entidades de Servicios Sanitarios), Argentina - Agosto 1996.
- 3.11 Norma UNT 833-90, para Agua Potable.
- 3.12 OMS - Guías para la calidad de agua potable, 3ª. Ed., 2004.
- 3.13 Portaria N° 518, Ministerio de Salud, Brasil, 25 de marzo de 2004.
- 3.14 Unión Europea - Directiva 98/83/CE del Consejo relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, 3 de noviembre de 1998

4. DEFINICIONES

- 4.1 **Agua bruta** - Agua que no ha sido sometida a tratamiento.
- 4.2 **Agua para consumo humano** - Agua destinada al consumo directo, preparación de alimentos, higiene personal y cualquier otro uso doméstico habitual de los seres humanos.
- 4.3 **Agua potable** - Agua apta para consumo humano que no representa riesgos significativos para la salud o rechazo del consumidor, durante toda su vida.
- 4.4 **Agua tratada** - Agua que ha recibido algún tipo de tratamiento.
- 4.5 **Agua distribuida** - Agua que circula por las tuberías y accesorios del sistema de distribución de acuerdo al alcance definido en esta Norma.
- 4.6 **Aceptable** - Calificativo que aprueba las características de una muestra de agua para consumo humano, establecidas en el presente documento.
- 4.7 **No Aceptable**- Calificativo que se utiliza cuando una muestra no cumple al menos uno de los requisitos establecidas en el presente documento.
- 4.8 **Control recomendado** - Control de un parámetro sujeto a la presunción de su presencia en el agua.
- 4.9 **Valor máximo permitido (VMP)** - Valor que representa el nivel máximo en concentración de un componente, por encima del cual la muestra de agua se considera no aceptable.
- 4.10 **Valor máximo recomendado (VMR)** - Valor de concentración de un componente que se aconseja no superar la mayor parte del tiempo, pero no determina por sí mismo un criterio de aceptabilidad.
- 4.11 **Sustancias orgánicas e inorgánicas que afectan la salud** - Compuestos químicos sobre los cuales existe evidencia de su influencia directa sobre la salud humana.
- 4.12 **Sustancias o propiedades que afectan las características organolépticas**- Compuestos químicos o propiedades físicas que afectan la calidad estética del agua, o le confieren olores y/o sabores.

5. REQUISITOS DE CALIDAD PARA EL AGUA POTABLE

5.1 COMPONENTES MICROBIOLÓGICOS.

Para garantizar la calidad microbiológica del agua se deben cumplir las siguientes disposiciones:

5.1.1 CALIDAD BACTERIOLOGICA

El agua potable no debe contener bacterias patógenas. Las muestras deben cumplir con los requisitos establecidos en la siguiente tabla:

TABLA 1

AGUA TRATADA Y DISTRIBUIDA	
Coliformes totales	Ausencia en 100 mL
Coliformes termotolerantes o <i>Escherichia coli</i>	Ausencia en 100 mL
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Ausencia en 10 mL

NOTA: Aunque *E.coli* es el indicador de contaminación fecal más preciso, el recuento de bacterias Coliformes termotolerantes es una opción aceptable. El volumen a analizar debe ser 100 mL por el método que se especifique en la sección correspondiente.

A los efectos de analizar la aceptabilidad del sistema de distribución, el agua distribuida debe cumplir con los requisitos de la siguiente tabla:

TABLA 2

AGUA DISTRIBUIDA	
Consideraciones estadísticas:	
Coliformes totales	<p>a) Para sistemas de abastecimiento que analizan 40 o más muestras mensuales, debe cumplirse ausencia en 100 mL, en el 95% de las muestras examinadas en el mes.</p> <p>b) Para sistemas que analizan menos de 40 muestras por mes, solamente 1 muestra mensual puede presentar resultado positivo en 100 mL.</p> <p>En ningún caso se acepta la presencia de Coliformes termotolerantes o <i>Escherichia coli</i>.</p>

AGUA DISTRIBUIDA	
Consideraciones estadísticas:	
Bacterias Aerobias Heterotróficas	Se recomienda el recuento de bacterias heterotróficas en el 20% de las muestras mensuales para análisis de Coliformes totales en los sistemas de distribución. En caso de superar 500 UFC/mL, se debe implementar las medidas correctivas que correspondan.

5.1.2 CALIDAD HIDROBIOLÓGICA

El examen hidrobiológico es para investigar la presencia de organismos que pueden afectar, tanto la calidad sanitaria como organoléptica del agua para consumo humano.

El control se realiza sobre muestras de agua tratada y distribuida (cuando sea necesario se extenderá al agua bruta y a las diferentes etapas del tratamiento), según el siguiente esquema de clasificación:

5.1.2.1 – Organismos que pueden presentar riesgo para la salud

TABLA 3

COMPONENTES PLANCTONICOS DIFERENCIADOS		
Organismo	VMR	Observaciones
Cianobacterias potencialmente tóxicas	Ausencia en 25 mL	Las cianobacterias son productoras potenciales de cianotoxinas, por lo que se debe prestar especial atención al valor recomendado. El análisis hidrobiológico cuali-cuantitativo permite la identificación y recuento de cianobacterias, pero no mide la toxicidad que puedan llegar a producir estas algas (ver Tabla 5 – B.3)

5.1.2.2 - Organismos que pueden interferir en las operaciones de producción/distribución y/o modificar las características organolépticas del agua

TABLA 4

COMPONENTES PLANCTONICOS NO DIFERENCIADOS		
Organismo	VMR	Observaciones
Algas, actinomicetes, rotíferos, copépodos, dáfnidos, insectos, nemátodos, hongos, diatomeas, cianobacterias no tóxicas, otros	Ausencia en 25 mL	Según las Guías OMS/ 2004 Cap. 10.1.1 estos organismos no presentan riesgo para la salud pública, pero se recomienda evitar su presencia, por generar modificaciones diversas en la calidad del agua (turbiedad, sabor y olor).

Nota: Cuando se constaten residuos biológicos (presencia en 25 mL), se complementará con análisis del significado sanitario y estudio de las técnicas de tratamiento que correspondan en cada caso.

5.1.3 OTROS COMPONENTES BIOLÓGICOS

El agua potable no debe contener virus patógenos ni formas resistentes de parásitos intestinales (huevos, quistes y ooquistes) tales como Virus entéricos, *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolítica*. Para el control de estos componentes biológicos, se debe tener en cuenta las recomendaciones de la Tabla 6 - A referente al parámetro turbiedad.

5.2 COMPONENTES QUIMICOS Y CARACTERÍSTICAS FISICAS

5.2.1 SUSTANCIAS QUIMICAS QUE PRESENTAN RIESGO PARA LA SALUD

TABLA 5

(cr): control recomendado

PARAMETRO	VMP	UNIDAD	OBSERVACIONES
A. Componentes inorgánicos			
Antimonio	0,005	mg/l	(cr) - Descargas de refinerías de petróleo; cerámicas; electrónica.
Arsénico	0,05	mg/l	Este límite fue establecido de acuerdo con las características geológicas de algunos depósitos naturales cercanos a pozos de extracción. La OMS recomienda 0,01 mg/l. En próximas revisiones de esta norma, los valores presentarán tendencia decreciente para homologar criterios. Erosión de depósitos naturales; residuos agropecuarios y de las industrias del vidrio y la electrónica.
Bario	0,7	mg/l	(cr) - Residuos en perforaciones; descargas de metalúrgicas; erosión de depósitos naturales.
Boro	0,5	mg/l	(cr)
Cadmio	0,003	mg/l	Corrosión de tuberías galvanizadas; erosión de depósitos naturales; descargas de metalúrgicas; residuos de baterías y pinturas.
Cianuro (como CN libre)	0,1	mg/l	(cr) - Descargas de minería, acerías y metalúrgicas; fábricas de plásticos y fertilizantes.
Cobre	Ver Tabla 6 - B		A concentraciones > 1 mg/l afecta la calidad organoléptica del agua. Corrosión de tuberías domésticas; erosión de depósitos naturales.
Cromo (total)	0,05	mg/l	Descargas de acerías y papeleras; erosión de depósitos naturales.
Flúor	1,5	mg/l	Erosión de depósitos naturales; descargas de fábricas de fertilizantes y de aluminio.
Manganeso	Ver Tabla 6 - B		A concentraciones > de 0,1 mg/l afecta las características organolépticas del agua.
Mercurio	0,001	mg/l	Erosión de depósitos naturales; descargas de refinerías y fábricas; filtraciones de tierras de cultivo y de rellenos sanitarios.
Molibdeno	0,07	mg/l	(cr)
Níquel	0,02	mg/l	(cr)
Nitrato (como NO ₃ ⁻)	50	mg/l	Ver Nota (*) al final de esta tabla. Filtraciones por uso de fertilizantes; pozos sépticos; aguas residuales; erosión de depósitos naturales.
Nitrito (como NO ₂ ⁻)	3	mg/l	Ver Nota (*) al final de esta tabla. Filtraciones por uso de fertilizantes; pozos sépticos; aguas residuales; erosión de depósitos naturales.

PARAMETRO	VMP	UNIDAD	OBSERVACIONES
Plomo	0,03	mg/l	La OMS recomienda 0,01 mg/l. En próximas revisiones de esta norma, los valores presentarán tendencia decreciente para homologar criterios. <i>Corrosión de tuberías; erosión de depósitos naturales.</i>
Selenio	0,01	mg/l	<i>Descargas de refinerías de petróleo y minerías; erosión de depósitos naturales.</i>
(*) NOTA – Cuando están presentes nitratos y nitritos se debe cumplir que la suma del cociente entre la concentración de cada uno y su VMP correspondiente, no debe ser mayor a 1: $[\text{NO}_3^-] / 50 + [\text{NO}_2^-] / 3 \leq 1$			
B. Componentes orgánicos			
B.1 Generales			
Acrilamida	0,5	µg/l	(cr) - <i>Aditivos de tratamiento.</i>
Benceno	10	µg/l	<i>Descargas industriales; filtraciones de tanques de reserva de gas y rellenos sanitarios.</i>
Benzo (a) pireno(PAHs)	0,7	µg/l	<i>Desprendimientos de revestimientos de tanques de reserva de agua y líneas de distribución.</i>
Bifenilos policlorados - PCBs- Arocloros como decaclorobifenilos)	0,5	µg/l	(cr)- <i>Uso como dieléctricos en transformadores.</i>
Cloruro de vinilo	5	µg/l	(cr) - <i>Descargas de industrias químicas</i>
1,2-Diclorobenceno	Ver Tabla 6 - C		(cr) - A concentraciones >1 µg/l afecta la calidad organoléptica del agua.
1,2-Dicloroetano	30	µg/l	(cr)- <i>Descargas de industrias químicas.</i>
1,1-Dicloroetano	30	µg/l	(cr)- <i>Descargas de industrias químicas</i>
Diclorometano	20	µg/l	(cr) - <i>Descargas de industrias químicas y residuos de la industria farmacéutica.</i>
1,3-Dicloropropeno	20	µg/l	(cr) - <i>Descargas de industrias químicas</i>
Dioxina (2,3,7,8-TCDD) (COP)	3×10^{-5}	µg/l	(cr) - <i>Emisiones de la incineración de desechos y otras combustiones; descargas de industrias químicas.</i>
Epiclorhidrina	0,4	µg/l	(cr) - <i>Aditivos de tratamiento</i>
Estireno	20	µg/l	(cr) - <i>Descarga de industrias químicas</i>
Etilbenceno	Ver Tabla 6 - C		cr) - A concentraciones >200 µg/l afecta las características organolépticas del agua.
Monoclorobenceno	Ver Tabla 6 - C		(cr) - A concentraciones > 30 µg/l afecta las características organolépticas del agua.
Tetracloroetano	40	µg/l	(cr)- <i>Descargas de industrias químicas</i>
Tetracloruro de carbono	5	µg/l	<i>Descargas de industrias químicas</i>
Tolueno	Ver Tabla 6 - C		(cr) - A concentraciones > 170 µg/l afecta las características organolépticas del agua. <i>Descarga de refinerías de petróleo.</i>
Tricloroetano	70	µg/l	(cr)- <i>Descargas de industrias químicas</i>
Triclorobencenos (totales)	20	µg/l	(cr) - <i>Descargas de industrias químicas.</i>
Xileno	Ver Tabla 6 - C		(cr) – A concentraciones > 300 µg/l afecta las características organolépticas del agua. <i>Descarga de refinerías de petróleo e industrias químicas.</i>
B.2 Agrotóxicos			
Alaclor	20	µg/l	<i>Residuo de herbicidas</i>
Aldrin y Dieldrin	0,03	µg/l	<i>Residuo de insecticidas</i>

PARAMETRO	VMP	UNIDAD	OBSERVACIONES
Atrazina	3	µg/l	Residuo de herbicidas
Clordano (total isómeros)	0,2	µg/l	Residuo de insecticidas
2,4 D (total isómeros)	30	µg/l	Residuo de herbicidas
DDT (total isómeros)	2	µg/l	Residuo de insecticidas
Endrin	2	µg/l	Residuo de insecticidas
Glifosato	900	µg/l	(cr) - Residuo de herbicidas
Heptacloro y heptacloroepóxido	0,03	µg/l	Residuo de insecticidas
Hexaclorobenceno	1	µg/l	Descargas de refinerías de metales e industrias de agroquímicos
Lindano	2	µg/l	Residuo de insecticidas usados en ganadería y agricultura
Metoxicloro	20	µg/l	Residuo de insecticidas usados en frutas, vegetales, alfalfa
Molinate	6	µg/l	(cr) - Residuo de herbicidas usados en cultivos de arroz
Pentaclorofenol	9	µg/l	Descargas de industrias madereras
Permetrina	20	µg/l	Residuo de insecticidas
Propanil	20	µg/l	Residuo de herbicidas
Simazina	2	µg/l	Residuo de herbicidas
Para evaluar la presencia de insecticidas organofosforados y carbamatos en el agua, se recomienda la determinación de la actividad de la enzima acetilcolinesterasa, considerando límites máximos de 15% o 20% de inhibición enzimática, cuando la enzima utilizada fuera proveniente de insectos o mamíferos, respectivamente			
B.3 Cianotoxinas			
Microcistina	1	µg/l	Es aceptable una concentración de 10µg/l de microcistina hasta en 3 muestras, en los análisis realizados en los últimos 12 meses
C. Desinfectantes y productos secundarios de la desinfección			
Acidos acéticos clorados:			
Acido monocloroacético	0,02	mg/l	Subproductos de la desinfección con cloro (cr)
Acido dicloroacético	0,05	mg/l	(cr)
Acido tricloroacético	0,2	mg/l	(cr)
Tricloroacetaldehído(hidrato de cloral)	0,01	mg/l	(cr)
Aldehídos (totales)	0,9	mg/l	(cr) - Incluye: Formaldehído; Acetaldehído; Glioxal; Metilglioxal
Bromato (BrO ₃ ⁻)	0,01	mg/l	(cr) - Subproducto de la desinfección con ozono
Cloraminas totales	3	mg/l	Subproducto de la desinfección con cloro
Clorato (ClO ₃ ⁻)	0,7	mg/l	(cr) - Subproducto de la desinfección con dióxido de cloro
Clorito (ClO ₂ ⁻)	0,7	mg/l	(cr) - Subproducto de la desinfección con dióxido de cloro
Cloro libre	Ver Tabla 6 - B		A concentraciones > 2.5 mg/l afecta las características organolépticas del agua
Dióxido de cloro (ClO ₂)	0,8	mg/l	(cr) - Agente desinfectante / oxidante
2,4,6 Triclorofenol	Ver Tabla 6 - C		(cr)- A concentraciones > 0,002 mg/l afecta las características organolépticas del agua
Trihalometanos			
Bromoformo	0,1	mg/l	Subproductos de la desinfección

PARAMETRO	VMP	UNIDAD	OBSERVACIONES
BDCM (bromodichlorometano)	0,1	mg/l	
Cloroformo	0,2	mg/l	
DBCM (dibromoclorometano)	0,06	mg/l	
Trihalometanos Totales	0,5	mg/l	

5.2.2 CARACTERISTICAS FISICAS Y SUSTANCIAS QUIMICAS QUE AFECTAN LA CALIDAD ORGANOLEPTICA DEL AGUA

TABLA 6

(cr): control recomendado

PARAMETRO	VMP	UNIDAD	OBSERVACIONES
A. Características físicas			
Color verdadero	15	U. Pt-Co	
Olor y sabor	No objetable		Olor y sabor característicos, ausencia de olores extraños
PH	6,5 – 8,5		
Temperatura		°C	Preferentemente menor que 25 °C
Turbiedad	Agua Tratada	1,0	VMR < 0,5 N.T.U. para favorecer la adecuada remoción de microorganismos patógenos (enterovirus, quistes de <i>Giardia</i> y oocistos de <i>Cryptosporidium</i>).
	Agua Distribuida	3,0	
B. Sustancias inorgánicas			
Aluminio	0,2	mg/l	Principal fuente como coagulante en procesos de potabilización
Amonio (como NH ₄ ⁺)	1,5	mg/l	VMP sólo para muestras con pH > 8.0
Cloro libre	2,5	mg/l	A concentraciones > 5 mg/l puede afectar la salud
Cloruros	250	mg/l	
Cobre	1	mg/l	A concentraciones > 2 mg/l puede afectar la salud
Dureza total	500	mg/l	
Hierro	0,3	mg/l	
Manganeso	0,1	mg/l	A concentraciones > 0,5 mg/l puede afectar la salud
Sodio	200	mg/l	
Sólidos totales disueltos	1000	mg/l	
Sulfatos	400	mg/l	Según OMS a valores > 1000 mg/l puede tener efectos laxantes.
Sulfuro de hidrógeno	0,05	mg/l	(cr) - (como H ₂ S) – Olor característico a huevo podrido
Zinc	5	mg/l	
C. Sustancias orgánicas			
Detergentes sintéticos	200	µg/l	(cr) - (como laurilsulfato de sodio)
2,4,6 Triclorofenol	2	µg/l	(cr) – A concentraciones >200 µg/l puede afectar la salud
1,2 Diclorobenceno	1	µg/l	(cr) - A concentraciones > 1000 µg/l puede afectar la salud

PARAMETRO	VMP	UNIDAD	OBSERVACIONES
Etilbenceno	200	µg/l	(cr) - A concentraciones > 300 µg/l puede afectar la salud
Monoclorobenceno	30	µg/l	(cr) - A concentraciones > 300 µg/l puede afectar la salud
Tolueno	170	µg/l	(cr) - A concentraciones > 700 µg/l puede afectar la salud
Xileno	300	µg/l	(cr) - A concentraciones > 500 µg/l puede afectar la salud

5.3 COMPONENTES RADIOACTIVOS

TABLA 7

PARAMETRO	VMP	Unidad	Observaciones
Radioactividad alfa global	0,1	Bq./l	Será exigida la investigación de los parámetros radioactivos cuando se presuma la existencia de radioactividad natural o artificial.
Radioactividad beta global	1	Bq./l	

CAPITULO 5 (pág7-14) DEJADO SIN EFECTO POR R.D. N.º 137/12

6 - MUESTREO

Se debe elaborar planes de muestreo siguiendo las recomendaciones mínimas de las siguientes tablas:

6.1 – COMPONENTES MICROBIOLÓGICOS

6.1.1 – CALIDAD BACTERIOLÓGICA

TABLA 8

PARAMETRO	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN – Tanques y redes - POBLACIÓN ABASTECIDA (N° MUESTRAS / MES)	
	≤ 5.000 hab.	> 5.000 hab.
Coliformes totales	1	1 cada 5000 hab.

NOTAS:

- En caso de detectarse la presencia de Coliformes totales se debe investigar la presencia de Coliformes termotolerantes y/o *Escherichia coli*.
- Se puede incorporar como punto de muestreo la Salida del Tratamiento cuando la situación lo amerite.

6.1.2 – CALIDAD HIDROBIOLÓGICA

TABLA 9

PARAMETRO	TIPO DE FUENTE	SALIDA DEL TRATAMIENTO (N° muestras / Frecuencia)	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN - Tanques y redes - (N° muestras / Frecuencia)
Plancton	Superficial	1 / anual	2 / anual

6. 2 – COMPONENTES QUIMICOS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

TABLA 10

PARAMETRO	TIPO DE FUENTE	SALIDA DEL TRATAMIENTO (N° muestras/Frecuencia)	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN - Tanques y redes - (N° muestras / Frecuencia)		
			POBLACIÓN ABASTECIDA		
			< 10.000 hab.	10.000 a 60.000 hab.	> 60.000 hab.
Aluminio	Superficial	1 / mensual	1 / anual	1 / semestral	1 / trimestral
	Subterránea	1 / anual	---	---	---
Cianotoxinas	Superficial	N° de muestras, lugar y frecuencia determinados por estudios ambientales previos			
Cloro libre	Superficial	1 cada 2 horas	1 / diaria	1 c/10.000 hab. / día	3 + (1 c/20.000 hab.) / diaria
	Subterránea	1 / diaria	1 / diaria	1 c/10.000 hab. / día	3 + (1 c/20.000 hab.) / diaria
Color, olor, turbiedad, pH	Superficial	1 cada 2 horas	2 / mensual	1 c/5.000 hab. / mensual	6 + (1 c/10.000 hab.) / mensual
	Subterránea	1 / mensual	1 / mensual	1 c/10.000 hab. / mensual	3 + (1 c/20.000 hab.) / mensual
Trihalometanos	Superficial	1 / trimestral	1 / semestral	1 / trimestral	1 + (1 c/100.000 hab.) / trimestral
	Subterránea	---	1 / anual	1 / semestral	1 + (1 c/100.000 hab.) / semestral

TABLA 11

PARAMETRO	TIPO DE FUENTE	SALIDA DEL TRATAMIENTO (N° muestras/Frecuencia)	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN - Tanques y redes - (N° muestras/Frecuencia)
Amonio (como NH ₄ ⁺)	Superficial	1 / trimestral	1 / trimestral
	Subterránea	1 / semestral	1 / semestral
Cloruros	Superficial	1 / anual	1 / anual
	Subterránea	1 / semestral	1 / semestral
Cobre	Superficial	1 / diaria (1)	1 / diaria (1)
	Subterránea	1 / anual	1 / anual
Dureza total	Superficial	1 / anual	1 / anual
	Subterránea	1 / semestral	1 / semestral
Fluor	Superficial	1 / anual	1 / anual

PARAMETRO	TIPO DE FUENTE	SALIDA DEL TRATAMIENTO (N° muestras/Frecuencia)	SISTEMA DE DISTRIBUCION - Tanques y redes - (N° muestras/Frecuencia)
	Subterránea	1 / semestral	1 / semestral
Hierro	Superficial	1 / semestral	1 / semestral
	Subterránea	1 / semestral	1 / semestral
Manganeso	Superficial	1 / semestral	1 / semestral
	Subterránea	1 / semestral	1 / semestral
Nitratos	Superficial	1 / anual	1 / anual
	Subterránea	1 / semestral	1 / semestral
Nitritos	Superficial	1 / trimestral	1 / trimestral
	Subterránea	1 / semestral	1 / semestral
Plomo	Superficial	1 / semestral	1 / semestral
	Subterránea	1 / semestral	1 / semestral
Demás Parámetros	Superficial	1 / anual	(2)
	Subterránea	1 / anual	(2)

- (1) Siempre que se aplique en el tratamiento
- (2) Se determinará en el Sistema de Distribución cuando:
- se detecte en la Salida del Tratamiento
 - se presuma su existencia en el Sistema de Distribución

CAPITULO 5 (pág7-14) DEJADO SIN EFECTO POR RID 17841 Y RID 13712

7. METODOS ANALITICOS

7.1 COMPONENTES MICROBIOLÓGICOS

7.1.1 CALIDAD BACTERIOLOGICA

TABLA 12

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS	REFERENCIA
Coliformes Totales	- Membrana Filtrante y Sustrato Cromogénico	- SMEWW, Ed.20 (9222B y 9223)
<i>Escherichia coli</i>	- Sustrato Cromogénico	- SMEWW, Ed.20 (9223)
Coliformes Termotolerantes	- Membrana Filtrante	- SMEWW, Ed.20 (9222D y 9222G)
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	- Presencia/Ausencia y Membrana Filtrante	- SMEWW, Ed.20 (9213F) y Norma UNIT 942:1994, 943:1994
Bacterias Aerobias Heterotróficas	- Agar incorporado	- SMEWW, Ed.20 (9215B)

7.1.2 CALIDAD HIDROBIOLÓGICA

TABLA 13

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS	REFERENCIA
Plancton	Quantificación: Sedimentación y conteo en invertoscopio	SMEWW-Ed 20 (10200 C ₁ ,E ₂ ,F ₁)
	Identificación: Claves taxonómicas y bibliografía específica.	SMEWW-Ed20 (10900 A,B)

SMEWW- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

7.2 COMPONENTES QUIMICOS Y CARACTERISTICAS FISICAS

7.2.1 CARACTERISTICAS FISICAS

TABLA 14

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS	REFERENCIA
Color Verdadero	-Comparación visual, escala platino-cobalto -Método espectrofotométrico platino-cobalto	- SMEWW. Ed.20 (2120B) - SMEWW. Ed.20 (2120C) modificado
Olor	-Test de olor	- SMEWW, Parte I, pág 202,1955. Calidad de olor.
pH	- Método Electrométrico	SMEWW Ed 20 (4500HB)
Temperatura	- Lectura con termómetro de mercurio	SMEWW Ed 20 (2550 B)
Turbiedad	- Método Nefelométrico	- SMEWW Ed.20 (2130 B)

7.2.2 COMPONENTES INORGANICOS

TABLA 15

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS	REFERENCIA
Aluminio	- Método espectrofotométrico con eriocromocianina	- SMEWW, Ed 20.(3500 Al B)
Amonio	- Nesslerización directa. Método espectrofotométrico. - Método espectrofotométrico con Fenato - Método de electrodo de ión selectivo.	- SMEWW, Ed 14(418 B) - SMEWW, Ed 20 (4500-NH ₃ - F) - SMEWW, Ed 20 (4500-NH ₃ - D)
Arsénico	- E A A por horno de grafito	- SMEWW. Ed 20 (3113 B)
Cadmio	- E A A por llama - E A A por horno de grafito	- SMEWW. Ed 20 (3111 B y C) - SMEWW. Ed 20 (3113 B)
Cianuro	- Método colorimétrico, previa destilación	- SMEWW. Ed 20.(4500 CN - E)
Cloro libre	- DPD.Método colorimétrico	- SMEWW. Ed 20 (4500-CI G)
Cloruros	- Método Nitrato Mercúrico	- SMEWW..Ed 20 (4500 CI-C)
Cobre	- E A A por llama - E A A por horno de grafito	- SMEWW. Ed 20 (3111 B y C) - SMEWW. Ed 20 (3113 B)
Cromo Total	- E A A por llama	- SMEWW. Ed 20 (3111 B y C)

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS	REFERENCIA
	- E A A por horno de grafito	- SMEWW. Ed 20 (3113 B)
Detergentes sintéticos	- Surfactantes aniónicos, azul de metileno	- SMEWW. Ed 20 (5540C)
Dureza Total	- Método tritrimétrico. EDTA.	- SMEWW. Ed 20. (2340C)
Fluoruro	- Método de electrodo de ión selectivo.	- SMEWW. Ed 20 (4500-F.C)
Hierro	- E A A por llama - Método colorimétrico con Fenantrolina	- SMEWW. Ed 20.(3111 B y C) - SMEWW. Ed 20 (3500 Fe-B)
Manganeso	- E A A por llama - E A A por horno de grafito	- SMEWW Ed 20 (3111 B y C) - SMEWW Ed 20 (3113 B)
Mercurio	- E A A método del vapor frío	- SMEWW Ed 20 (3112 B)
Nitrato	- Método espectrofotométrico UV.	- SMEWW Ed 20(4500-NO3 B)
Nitrito	- Método colorimétrico con naftiletilendiamina.	- SMEWW Ed 20 (4500-NO2 B)
Plomo	- E A A por llama - E A A por horno de grafito	- SMEWW. Ed 20 (3111 B y C) - SMEWW Ed 20 (3113 B)
Selenio	- E A A por horno de grafito	- SMEWW Ed 20 (3113 B)
Sodio	- E A A por llama	- SMEWW Ed 20 (3111 B)
Sólidos Totales Disueltos	- Filtración y secado a 180°C	- SMEWW Ed 20 (2540 C)
Sulfatos	- Método turbidimétrico	- SMEWW Ed 20 (4500-SO4-E)
Zinc	- E A A por llama	- SMEWW Ed 20 (3111 B y C)

SMEWW – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater –
E A A - Espectrometría de Absorción Atómica

7.2.3 COMPONENTES ORGANICOS

TABLA 16

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS	REFERENCIA
Alaclor	- LLE / GC – ECD o MSD - SPE / GC – ECD o MSD	- SMEWW Ed 20 (6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Aldrin+Dieldrin	- LLE / GC – ECD o MSD - SPE / GC – ECD o MSD	- SMEWW Ed 20(6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Atrazina	- SPE /GC – ECD o MSD	- EPA 525 y 525.2
Clordano (total de isómeros)	- LLE / GC – ECD o MSD - SPE / GC – ECD o MSD	- SMEWW Ed 20 (6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Benceno	- P & T / GC - MSD	- EPA 524.2

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS	REFERENCIA
2,4 D(total de isómeros)	- LLE - Deriv./ GC -ECD	- SMEWW Ed 20 (6640 B)
DDT(total de isómeros)	- LLE / GC - ECD o MSD. - SPE / GC - ECD o MSD	- SMEWW Ed 20(6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Endrin	- LLE / GC - ECD o MSD. - SPE / GC - ECD o MSD	-SMEWW Ed 20 (6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
HCB(Hexaclorobenceno)	- LLE / GC - ECD o MSD. - SPE / GC - ECD o MSD	-SMEWW Ed 20 (6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Heptacloro Heptacloroepóxido	- LLE / GC - ECD o MSD. - SPE / GC - ECD o MSD	-SMEWW Ed 20 (6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Lindano(Gama-HCH)	- LLE / GC - ECD o MSD. - SPE / GC - ECD o MSD	- SMEWW Ed 20 (6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Metoxicloro	- LLE / GC - ECD o MSD. - SPE / GC - ECD o MSD	- SMEWW Ed 20 (6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Microcistina	- HPLC. PEC:TOX 071 - Test de ELISA	- La Lawton, Ch Edwards y GA Codd. Analyst 119,1994, 1525-1530 - O.M.S. Toxic cyanobacteria in water- Edited by I.Chorus, J Bartram.1999.
Pentaclorofenol	- LLE / GC - ECD o MSD - SPE / GC - ECD o MSD	- SMEWW Ed 20 (6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Permetrina	- LLE / GC - ECD o MSD - SPE / GC - ECD o MSD	- SMEWW Ed 20 (6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Propanil	- LLE / GC - ECD o MSD. - SPE / GC - ECD o MSD	- SMEWW Ed 20 (6630 D) y EPA 508.1 - EPA 525 y 525.2
Simazina	- SPE / GC - ECD o MSD	- EPA 525 y 525.2
Tetracloruro de carbono	- P & T / GC - MSD.	- EPA 524.2.
Trihalometanos: Bromoformo BDCM (bromodicloro metano) Cloroformo DBCM (dibromoclorometano) Trihalometanos Totales:	P & T / GC - MSD.	EPA 524.2

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
 EPA - Environmental Protection Agency.-
 GC - Cromatografía Gaseosa.
 ECD - Detector de Captura de Electrones-
 MSD - Detector de Espectrofotometría de Masa.
 OMS - Organización Mundial de la Salud.
 LLE - Extracción Líquido - Líquido.
 SPE - Extracción en fase sólida.
 P&T - Purga y Trampa.

Deriv – Derivatización.
HPLC- Cromatografía Líquida de Alta Performance
ELISA- Enzyme Linked Inmuno Sorvent Assay.

CAPITULO 5 (pág7-14) DEJADO SIN EFECTO POR R/D 1784/11 Y R/D 137/12

ANEXO 5

DECRETO 253/79

(Con las modificaciones de los Decretos 232/88, 698/89 y 195/91
incluidas)

SE APRUEBAN NORMAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACION AMBIENTAL

MEDIANTE EL CONTROL DE LAS AGUAS.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS.

MINISTERIO DEL INTERIOR.

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

MINISTERIO DE SALUD PUBLICA.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA.

MINISTERIO DE VIVIENDA ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE.

Montevideo, 9 de mayo de 1979.

VISTO: La ley N° 14.859 del 15 de diciembre de 1978 que aprobó el Código de Aguas y el informe producido por la Comisión designada por el Decreto N° 324/978 de 8 de junio de 1978.

RESULTANDO: I) Que el Código de Aguas establece en su Título V - Capítulo 1º, "Normas relativas a la defensa de las aguas, álveos y zonas aledañas", en las que se incluye facultades al Ministerio Competente para dictar providencias y aplicar medidas que impidan el deterioro de los recursos hídricos, así como para sancionar las infracciones de dichas normas.

II) Que la citada Comisión indicó en su informe las medidas a adoptar, para prevenir la contaminación de los cursos de agua, las que se refieren a clasificación de cuerpos receptores según sus usos preponderantes, límites de los parámetros de contaminación, normas para vertimiento de efluentes y sanciones derivadas de la aplicación de dichas medidas.

III) Que de acuerdo con lo dispuesto por la Ley N° 16.112 del 30 de mayo de 1990 y los artículos 456 y 457 de la Ley N° 16.170 del 28 de diciembre de 1990 el Ministerio Competente será el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

CONSIDERANDO: I) Que constituye una especial preocupación del Poder Ejecutivo facilitar los medios para la estricta aplicación del Código de Aguas, en particular en lo que concierne a los aspectos de conservación y preservación de los recursos hídricos, habida cuenta de los peligros de deterioro, pérdida o mengua de los mismos provocados por la acción del hombre.

II) Que es necesario definir y poner en práctica las normas para prevenir la contaminación de los cursos de agua.

DECRETO 253/79

ATENCIÓN: A lo establecido en los artículos 2º, 3º, 4º, 6º, 144 a 148, 201 y concordantes del Código de Aguas.

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

DECRETA

ARTICULO 1º- Apruébanse las siguientes normas que tienen por objeto prevenir la contaminación ambiental mediante el control de la contaminación de aguas.

ARTICULO 2º- Las presentes disposiciones son de aplicación en todos los cursos de agua de la República Oriental del Uruguay, sin perjuicio de lo que resulte de las normas de Derecho Internacional y de las disposiciones contenidas en leyes especiales.

ARTICULO 3º- Los cursos o cuerpos de agua del País se clasificarán según sus usos preponderantes actuales o potenciales en cuatro clases de acuerdo a lo siguiente:

CLASE 1

Aguas destinadas o que puedan ser destinadas al abastecimiento de agua potable a poblaciones con tratamiento convencional.

CLASE 2

a) Aguas destinadas al riego de hortalizas o plantas frutícolas u otros cultivos destinados al consumo humano en su forma natural, cuando éstas son usadas a través de sistemas de riego que provocan el mojado del producto.

b) Aguas destinadas a recreación por contacto directo con el cuerpo humano.

CLASE 3

Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyo producto no se consume en forma natural o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riego que no provocan el mojado del producto.

CLASE 4

Aguas correspondientes a los cursos o tramos de cursos que atraviesan zonas urbanas o suburbanas que deban mantener una armonía con el medio, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyos productos no son destinados al consumo humano en ninguna forma.

ARTICULO 4:- Quedan excluidos de esta clasificación los cuerpos de aguas destinados al tratamiento o transporte de aguas residuales.

ARTICULO 5:- Las características de los cursos o cuerpos de agua del país serán, de acuerdo a su clasificación, las siguientes:

a) CLASE 1

DECRETO 253/79

PARAMETRO	ESTANDAR
- OLOR	No perceptible
- MATERIALES FLOTANTES Y ESPUMAS NO NATURALES	Ausentes
- COLOR NO NATURAL	Ausente
- OLOR	No perceptible
- MATERIALES FLOTANTES Y ESPUMAS NO NATURALES	Ausentes
- COLOR NO NATURAL	Ausente
- TURBIEDAD	Máximo 50 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad)
- pH	Entre 6,5 y 8,5
- OD (Oxígeno disuelto)	Mín. 5 mg/L
- DBO5 – (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	Máx 5 mg/L
- ACEITES Y GRASAS	Virtualmente ausentes
- DETERGENTES (medidos como sustancias activas al azul de metileno)	Máx 0,5 mg/L en LAS
- SUSTANCIAS FENOLICAS	Máx 0,001 mg/L en C6H5OH
- AMONIACO LIBRE	Máx 0,02 mg/L en N
- NITRATOS	Máx 10 mg/L en N
- FOSFORO TOTAL	Máx 0,025 mg/L en P
- COLIFORMES FECALES	No se deberá exceder el límite de 2000 CF/100 mL en ninguna de al menos 5 muestras, debiendo la media geométrica de las mismas estar por debajo de 1000 CF/100 mL
- CIANURO	Máx 0,005 mg/L
- ARSENICO	Máx 0,005 mg/L
- CADMIO	Máx 0,001 mg/L
- COBRE	Máx 0,2 mg/L
- CROMO TOTAL	Máx 0,05 mg/L
- MERCURIO	Máx 0,0002 mg/L
- NIQUEL	Máx 0,02 mg/L
- PLOMO	Máx 0,03 mg/L
- ZINC	Máx 0,03 mg/L

b) CLASE 2 a

PARAMETRO	ESTANDAR
- OLOR	No perceptible
- MATERIALES FLOTANTES Y ESPUMAS NO NATUALES	No perceptibles
- COLOR NO NATURAL	Ausente
- TURBIEDAD	Máx 50 UNT
- pH	Entre 6,5 y 9,0
- OD	Máx 5 mg/L
- DBO5	Máx 10 mg/L
- ACEITES Y GRASAS	Virtualmente ausentes
- DETERGENTES	Máx 1 mg/L en LAS
- SUSTANCIAS FENOLICAS	Máx 0,2 mg/L en C6H5OH
- AMONIACO LIBRE	Máx 0,02 mg/L en N
- NITRATOS	Máx 10 mg/L en N
- FOSFORO TOTAL	Máx 0,025 mg/L en P
- SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Máx 700 mg/L
- RELACION DE ABSORCION DE SODIO (RAS)	Máx 10
- COLIFORMES FECALES	No se deberá exceder el límite de 2000 CF/100 mL en ninguna de al menos 5 muestras, debiendo la media geométrica de las mismas estar por debajo de 1000 CF/100 mL
- CIANUROS	Máx 0,005 mg/L
- ARSENICO	Máx 0,05 mg/L
- BORO	Máx 0,5 mg/L
- CADMIO	Máx 0,001 mg/L
- COBRE	Máx 0,2 mg/L

DECRETO 253/79

- CROMO TOTAL	Máx 0,005 mg/L
- MERCURIO	Máx 0,0002 mg/L
- NIQUEL	Máx 0,002 mg/L
- PLOMO	Máx 0,03 mg/L
- ZINC	Máx 0,03 mg/L

c) CLASE 2 b

PARAMETRO	ESTANDAR
- OLOR	No perceptible
- MATERIALES FLOTANTES ESPUMAS NO NATURALES	Ausentes
- COLOR NO NATURALES	Ausentes
- TURBIEDAD	50 UNT
- pH	Entre 6,5 y 8,5
- OD	Mín 5 mg/L
- DBO5	Máx 10 mg/L
- ACEITES Y GRASAS	Virtualmente ausentes
- DETERGENTES	Máx 1 mg/L
- SUSTANCIAS FENOLICAS	Máx 0,2 mg/L en C6H5OH
- AMONIACO LIBRE	Máx 0,02 mg/L
- NITRATOS	Máx 10 mg/L en N
- FOSFORO TOTAL	Máx 0,025 mg/L en P
- COLIFORMES FECALES	No se deberá exceder el límite de 1000 CF/100 mL en n de al menos 5 muestras, debiendo la media geométrica mismas estar por debajo de 500 CF/100 mL
- CIANURO	Máx 0,005 mg/L
- ARSENICO	Máx 0,005 mg/L
- CADMIO	Máx 0,005 mg/L
- COBRE	Máx 0,2 mg/L
- CROMO TOTAL	Máx 0,05 mg/L
- MERCURIO	Máx 0,0002 mg/L
- NIQUEL	Máx 0,02 mg/L
- PLOMO	Máx 0,03 mg/L
- ZINC	Máx 0,03 mg/L

d) CLASE 3

PARAMETRO	ESTANDAR
- OLOR	No perceptible
- MATERIALES FLOTANTES Y ESPUMAS NO NATURALES	Ausentes
- COLOR NO NATURAL	Ausente
- TURBIEDAD	Máx 50 UNT
- pH	Entre 6,5 y 8,5
- OD	Mín 5 mg/L
- DBO5	Máx 10 mg/L
- ACEITES Y GRASAS	Virtualmente ausentes
- DETERGENTES	Máx 1 mg/L en LAS
- SUSTANCIAS FENOLICAS	Máx 0,2 mg/L en C6H5OH
- AMONIACO LIBRE	Máx 0,02 mg/L
- NITRATOS	Máx 10 mg/L en N
- FOSFORO TOTAL	Máx 0,025 mg/L en P
- COLIFORMES FECALES	No se deberá exceder el límite de 2000 CF/100 mL en n de al menos 5 muestras, debiendo la media geométrica mismas estar por debajo de 1000 CF/100 mL

DECRETO 253/79

- CIANURO	Máx 0,005 mg/L
- ARSENICO	Máx 0,005 mg/L
- CADMIO	Máx 0,001 mg/L
- COBRE	Máx 0,2 mg/L
- CROMO TOTAL	Máx 0,05 mg/L
- MERCURIO	Máx 0,0002 mg/L
- NIQUEL	Máx 0,02 mg/L
- PLOMO	Máx 0,03 mg/L
- ZINC	Máx 0,03 mg/L

e) CLASE 4

PARAMETRO	ESTANDAR
- OLOR	No objetable
- MATERIAL FLOTANTE Y ESPUMAS NO NATURALES	Virtualmente ausentes
- COLOR NO NATURAL	Virtualmente ausentes
- TURBIEDAD	Máx 100 UNT
- pH	Entre 6,0 y 9,0
- OD	Mín 2,5 mg/L
- DBO5	Máx 15 mg/L
- ACEITES T GRASAS	Máx 10 mg/L
- DETERGENTES	Máx 2 mg/L
- COLIFORMES FECALES	No se deberá exceder el límite de 5000 CF/100 mL en a menos el 80% de por lo menos 5 muestras.
- CIANUROS	Máx 0,05 mg/L
- ARSENICO	Máx 0,1 mg/L
- CADMIO	Máx 0,01 mg/L
- COBRE	Máx 1 mg/L
- CROMO TOTAL	Máx 0,5 mg/L
- MERCURIO	Máx 0,002 mg/L
- NIQUEL	Máx 0,2 mg/L
- PLOMO	Máx 0,05 mg/L
- ZINC	Máx 0,3 mg/L

Para las clases 1, 2a, 2b, y 3 se deberán además cumplir los siguientes estándares en cuanto a los tóxicos orgánicos.

PARAMETROS	ESTÁNDAR
- ALDRIN más DIELDRIN	Máx 0,004 µg/L
- CLORDANO	Máx 0,01 µg/L
- DDT	Máx 0,001 µg/L
- ENDOSULFAN	Máx 0,02 µµg/L
- ENDRIN	Máx 0,004 µg/L
- HEPTACLORO más HEPTACLORO EPXI	Máx 0,01 µg/L
- LINDANO	Máx 0,01 µg/L
- METOXICLORO	Máx 0,03 µg/L
- MIREX	Máx 0,001 µg/L
- 2,4 D	Máx 4 µg/L
- 2,4,5 T	Máx 10 µg/L
- 2,4,5 TP	Máx 2 µg/L
- PARATION	Máx 0,04 µg/L
- COMP. POLIAROMATICOS (BPS)	Máx 0,04 µg/L

DECRETO 253/79

Para la clase 4 se administran hasta el máximo de 10 (diez) veces los anteriores estándares.-

La lista de tóxicos orgánicos, así como sus estándares, podrá ser modificada por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, de acuerdo al uso que los mismos tengan .-

ARTICULO 6º- La clasificación de los cursos o cuerpos de agua o parte de los mismos y la determinación de aquellas indicadas en el Artículo 4º, será efectuada por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente previa "coordinación " con O.S.E para los cursos de agua de la CLASE 1, INAPE y la correspondiente Intendencia Municipal en los demás casos.-

ARTICULO 7º- Los estándares de los parámetros establecidos en el artículo 3º deberán ser revisados periódicamente por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente con el fin de su actualización técnica cuando corresponda.-

ARTICULO 8º- En los cursos de CLASE 1, no se permite lanzamientos de efluentes sin la previa autorización de OSE, organismo que en su caso, establecerá las características que debe tener el cuerpo receptor en la toma de agua respectiva y la distancia mínima desde dicha toma en que deben mantenerse estas condiciones, dando cuenta de esto al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.-

ARTICULO 9º- En los cursos de agua de las demás clases se permitirán lanzamiento de efluentes siempre que, además de cumplir con lo establecido en el artículo 11 de estas normas, los vertidos no pudieran perjudicar la calidad de las aguas del cuerpo receptor.-

A esos efectos se supondrá que éstas cumplen con los parámetros establecidos en su clasificación.

En cada caso particular, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, determinará la distancia desde el lugar de vertido en que se efectuará el control de la calidad de las aguas del cuerpo receptor, atendiendo a la mejor utilización del curso de agua por todos los interesados.-

ARTICULO 10º- Cuando algún cuerpo de agua no cumpla las condiciones establecidas para la clase en que fuera clasificado, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente deberá establecer los programas de recuperación de dicho cuerpo de agua, tendientes a que se alcancen las condiciones adoptadas.-

ARTICULO 11º- Ningún efluente podrá ser vertido si no cumple como mínimo con los siguientes estándares, sin perjuicio de otros requerimientos que surjan de estas normas:

1 - Desagües a colector del alcantarillado público

PARAMETRO ESTANDAR

- MATERIAL FLOTANTE	Ausente
- TEMPERATURA	Máx 35º C

DECRETO 253/79

- pH	Entre 5,5 7 9,5
- DBO5	Máx 700 mg/L
- SOLIDOS SEDIMENTABLES	Hasta 10 mL/L determinados en cono Imhoff en una hora
- ACEITES Y GRASAS	Máx 200 mg/L
- SULFUROS	Máx 5 mg/L en S
- CAUDAL	El caudal máximo en cualquier instante no podrá exceder al caudal medio del período de actividad.
- CIANUROS	Máx 1 mg/L
- ARSENICO	Máx 0,5 mg/L
- CADMIO	Máx 0,05 mg/L
- COBRE	Máx 1 mg/L
- CROMO TOTAL	Máx 3 mg/L
- MERCURIO	Máx 0,005 mg/L
- NIQUEL	Máx 2 mg/L
- PLOMO	Máx 0,3 mg/L
- ZINC	Máx 0,3 mg/L

Las concentraciones de los tóxicos orgánicos no podrán exceder en 500 (quinientas) veces los valores previstos por el artículo 5 para la CLASE 3.

2- Desagües directos a cursos de agua

PARAMETRO	ESTANDAR
- MATERIAL FLOTANTE	Ausente
- TEMPERATURA	Máx 30°C, pero no podrá elevar la temperatura del cuerpo receptor más de 2°C.
- Ph	Entre 6,0 y 9,0
- DBO5	Máx 60 mg/L
- SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Máx 150 mg/L
- ACEITES Y GRASAS	Máx 50 mg/L
- SULFUROS	Máx 1 mg/L
- DETERGENTES	Máx 4 mg/L en LAS
- SUSTANCIAS FENOLICAS	Máx 0,5 mg/L en C6H5OH
- CAUDAL	El caudal máximo en cualquier instante no podrá exceder al caudal medio del período de actividad.
- AMONIACO	Máx 5 mg/L en N
- FOSFORO TOTAL	Máx 5 mg/L en P
- COLIFORMES FECALES	Máx 5000 CF 100 mL
- CIANURO	Máx 1 mg/L
- ARSENICO	Máx 0,5 mg/L
- CADMIO	Máx 0,05 mg/L
- COBRE	Máx 1 mg/L
- CROMO	Máx 1 mg/L
- MERCURIO	Máx 0,005 mg/L
- NIQUEL	Máx 2 mg/L
- PLOMO	Máx 0,3 mg/L
- ZINC	Máx 0,3 mg/L

Las concentraciones de los tóxicos orgánicos no podrán exceder en más de 100 (cien) veces los valores previstos por el artículo 5 para la CLASE 3.-

3 - Desagües que se disponen por infiltración al terreno

CONDICIONES

DECRETO 253/79

- a- Sólo podrá permitirse en zonas rurales.
- b- Distancia mínima a cursos de agua o pozos manantiales: 50 m.
- c- Distancia mínima a medianeras : 10 m.

Además deberán cumplir los siguientes estándares:

PARAMETRO	ESTANDAR
- MATERIAL FLOTANTE	Ausente
- TEMPERATURA	Máx 35°C
- pH	Entre 5,5 y 9,0
- SOLIDOS SEDIMENTABLES	Hasta 10 mL/L determinados en cono Imhoff en una hora
- SOLIDOS TOTALES	Máx 700 mg/L
- ACEITES Y GRASAS	Máx 200 mg/L
- CIANUROS	Máx 1 mg/L
- ARSENICO	Máx 0,5 mg/L
- CADMIO	Máx 0,05 mg/L
- COBRE	Máx 1 mg/L
- CROMO TOTAL	Máx 3 mg/L
- MERCURIO	Máx 0,05 mg/L
- NIQUEL	Máx 2 mg/L
- PLOMO	Máx 0,3 mg/L
- ZINC	Máx 0,3 mg/L

Las concentraciones de los tóxicos orgánicos no podrán exceder en más de 100 (cien) veces los valores previstos por el artículo 5 para la clase 3.-

Las determinaciones de los parámetros, exceptuando coliformes fecales, temperatura, pH y sulfuros, se harán sobre muestras compuestas, en un período de 4 horas, por muestras horarias en volúmenes proporcionales al caudal efluente en ese momento.

En ningún caso será permitida la dilución de efluentes con aguas no contaminadas.-

ARTICULO 12º- En todos los casos no se admitirá vertimiento cuando:

- a) Puedan producir o dejar en libertad gases tóxicos, inflamables o explosivos.
- b) Contengan elementos gruesos eliminables por rejillas de 15 mm de separación entre barras para el de desagüe a cursos de agua o, 10 mm. de separación entre barras para el de desagüe a cursos de agua.
- c) Contengan elementos como ser lana, pelo, lana, paja, estopa, tejidos, etc.

DECRETO 253/79

d) Sean residuos provenientes de la depuración de líquidos residuales cuya disposición final deberá ser estudiada en los proyectos respectivos de manera que no cause perjuicios.

e) Contengan toda otra sustancia o elemento que pueda producir directa o indirectamente inconvenientes de cualquier naturaleza en las redes de alcantarillado, en su conservación o en los lugares de desagüe.-

ARTICULO 13º- Los parámetros a que se refieren estas normas, serán determinadas por los métodos analíticos que establezca el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.-

ARTICULO 14º- El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente podrá agregar nuevos parámetros o hacer más exigentes los establecidos por estas normas, debiendo realizar una revisión periódica de estos a fin de su adecuación técnica.-

ARTICULO 15º- En casos particulares, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente podrá disminuir las exigencias establecidas para los vertimientos, si a su criterio el interesado demuestra que las descargas a realizar no provocarán inconvenientes.-

ARTICULO 16º- En todos los casos de desagüe a colector, las autorizaciones están condicionadas a que puedan recibirse en las instalaciones públicas los caudales correspondientes, pudiendo establecerse condiciones que regulen el caudal de descarga.

Cuando el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente lo considere conveniente podrá exigir la construcción de las instalaciones necesarias para el control del caudal de vertimiento.-

ARTICULO 17º- En todos los casos, cuando las instalaciones autorizadas resultaran insuficientes para conseguir los fines perseguidos, podrá exigirse nuevas instalaciones o procesos complementarios.-

ARTICULO 18º- No obstante las aprobaciones que puedan otorgarse referente a desagües industriales y el cumplimiento de los mencionados desagües con las condiciones exigidas, el propietario del establecimiento industrial será siempre responsable de los perjuicios que sus desagües puedan causar.-

ARTICULO 19º- Todos los vertidos que se realicen en forma directa o indirecta a algún cuerpo de agua y que no estén comprendidos en los Artículos 22 y 23, deberán dar cumplimiento al Artículo 11. El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente podrá requerir las autorizaciones que correspondan cuando constate que dichos vertidos afecten la calidad de los cuerpos de agua.-

ARTICULO 20º- Las industrias que al 1º de enero de 1990 posean Autorización de Desagüe Industrial otorgada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas dispondrán de un plazo de 6 años a partir de esa fecha para presentar su nueva Solicitud de Autorización de Desagüe Industrial, pero que hubieran pre-sentado ya la Solicitud con el proyecto respectivo, aún cuando el mismo hubiera sido aprobado, podrán obtener la

DECRETO 253/79

Autorización por el plazo de 6 años, siempre que el Proyecto se considere suficiente para cumplir con las normas anteriores y se verifique la construcción y el funcionamiento de la planta de tratamiento.-

ARTICULO 21º- Mientras no se efectúe la clasificación de cursos o cuerpos de agua establecida en el Artículo 3º de estas normas, los vertimientos se admitirán transitoriamente siempre que cumplan con lo estipulado en el Artículo 11. Una vez determinada la clasificación mencionada, los vertimientos industriales deberán cumplir con todas las condiciones establecidas en estas normas para lo cual el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente otorgará plazos entre tres y seis años en las condiciones del Artículo 20.-

ARTICULO 22º- Los organismos públicos que efectúen vertimientos a cuerpos de agua deberán proceder a la ejecución de las obras necesarias para que sus efluentes, además de cumplir con el Artículo 11 no afecten la clasificación de los cuerpos de agua.

El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente realizará las intimaciones correspondientes determinando las condiciones que deberán cumplir los efluentes.

Las obras en cuestión se ejecutarán dentro de los plazos que los mismos acuerden con el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.-

ARTICULO 23º- Todas las industrias de cuyo proceso industrial se deriven aguas residuales de cualquier naturaleza, deberán contar con la Autorización de Desagüe expedida en la forma establecida en el artículo 29.-

ARTICULO 24º- La Autorización de Desagüe Industrial cuando se otorgue, lo será siempre con carácter precario y revocable, y tendrá un plazo máximo de 8 años de duración.-

ARTICULO 25º- La Solicitud de Autorización de Desagüe Industrial conjuntamente con el proyecto de planta de tratamiento se presentará por el interesado en la forma establecida en el Artículo 29.

Se requerirá la previa autorización de O.S.E. cuando se trate de desagües a cursos de agua de la clase 1 o a colectores de redes de saneamiento que dependan de ese organismo.-

ARTICULO 26º- Los proyectos de plantas de depuración de líquidos residuales industriales serán ejecutados y dirigidos en su construcción por profesional competente. En el caso de que se trate de instalaciones de tratamiento muy simples y de escasa importancia, el interesado podrá solicitar al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente que se admita la intervención de un instalador sanitario debidamente autorizado.

Dicho Ministerio, resolverá el punto a su solo juicio. Se entiende por profesional competente a los Ingenieros Civiles que hayan cursado Ingeniería Sanitaria, a los Ingenieros Civiles con especialización en esa materia y los Ingenieros Químicos o Químicos Industriales cuando las plantas de tratamiento se basen principalmente en procesos químicos.

DECRETO 253/79

El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente llevará un registro de los profesionales y consultoras habilitadas, documentando toda información sobre estos, de acuerdo a lo que el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente reglamente.-

ARTICULO 27º- Las plantas de tratamiento deberán ser mantenidas en operación en todo momento bajo la responsabilidad de un Profesional Competente, pudiendo ser el proyectista. En caso de renuncia la firma estará obligada a nombrar un sustituto dentro de un plazo máximo de 30 días. Durante la operación de la planta, el Profesional Competente deberá remitir al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, informes periódicos sobre el funcionamiento de la misma.-

ARTICULO 28º- La aprobación de los proyectos de plantas de tratamiento y la Autorización de Desagüe que se otorgue, no liberan al industrial de tener que efectuar todas las obras de cualquier índole que resulten necesarias, en caso de que la planta construída no sea suficiente para cumplir su cometido.

ARTICULO 29º- Los interesados presentarán la Solicitud de Desagüe Industrial directamente ante el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, la que deberá venir acompañada por la información que se indique en la reglamentación correspondiente, conjuntamente con un cronograma de obras donde se establezcan la fecha de ejecución de las mismas. Una vez presentada la Solicitud, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente dispondrá de 90 días calendario para realizar las observaciones que hubiere, las que deberán ser salvadas por los interesados a conformidad del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

Vencido este plazo, de no haberse presentado observaciones, el proyecto se considerará aprobado, debiendo la empresa proceder a la construcción de las obras en estricto cumplimiento al cronograma presentado, quedando sujeto a los controles que pueda realizar el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de las mismas.

Una vez que las obras se encuentren finalizadas de acuerdo con el proyecto, y que se verifique su correcto funcionamiento, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente procederá a otorgar la Autorización de Desagüe Industrial, la que tendrá un plazo de validez de 8 años a partir de la notificación por la Intendencia Municipal respectiva.-

ARTICULO 30º- Los industriales que tengan desagües de líquidos residuales del proceso industrial están obligados a permitir la inspección y facilitar las operaciones de control que realicen los funcionarios del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, de las respectivas Intendencia o de O.S.E., debidamente autorizados.-

ARTICULO 31º- El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente ejercerá el control general de la aplicación de estas normas pudiendo requerir de las Intendencias Municipales y de O.S.E. las acciones necesarias, en función de lo dispuesto por esta normativa.-

ARTICULO 32º - Las infracciones a las presentes normas serán sancionadas, de

DECRETO 253/79

conformidad con el artículo 147 del Decreto - Ley N° 14.859 del 15 de diciembre de 1978, en la redacción dada por el artículo 194 de la Ley N°15.903 del 10 de noviembre de 1987, de acuerdo a los siguientes criterios:

A)- Multas a ser aplicadas ante el incumplimiento de:

1.- Intimación a presentar Solicitud de Desagüe Industrial (Art. 23):

1ra. vez 100 UR - 500 UR

2da. vez 150 UR - 700 UR

3ra. vez y siguientes 200 UR - 1500 UR

2.- Intimación a presentar información complementaria:

1ra. vez..... 100 UR - 400 UR

2da. vez 150 UR - 600 UR

3ra. vez y siguiente 200 UR - 1000 UR

3.- Los plazos otorgados para la construcción de la Planta de Tratamiento:

1ra. vez 100 UR - 1000 UR

2da. vez 200 UR - 2000 UR

3ra. vez y siguientes 300 UR - 5000 UR

4.- Intimación a cesar los vertidos a un cuerpo receptor determinado:

1ra.- vez 100 UR - 800 UR

2da.- vez 200 UR - 2500 UR

B) - También se considera infracciones a las presentes normas las siguientes; siendo las mismas multadas como se especifica.

1 - Industria en funcionamiento sin haber iniciado el trámite previsto en el artículo 23:

100 UR - 1000 UR

2 - Realizar vertidos sin tratamiento a un cuerpo receptor teniendo planta de tratamiento construida y aprobada:

Sin antecedentes 200 UR - 3000 UR

DECRETO 253/79

Con antecedentes 500 UR - 5000 UR

3 - Tener planta de tratamiento construida y en funcionamiento sin el aval de un profesional competente (Arts. 26 y 27):

Sin antecedentes 200 UR - 750 UR

Con antecedentes 500 UR - 1000 UR

4 - Tener planta de tratamiento sin un adecuado mantenimiento:

1ra.- vez 100 UR - 1000 UR

2da.- vez 150 UR - 1500 UR

3ra.- vez y siguientes 200 UR - 2500 UR

5 - Tener planta de tratamiento funcionando fuera de las condiciones de aprobación :

Sin antecedentes 100 UR - 1000 UR

Con antecedentes 250 UR - 3000 UR

6- Presentar información falsa u obstaculizar la labor de los funcionarios encargados del control:

Sin antecedentes 100 UR - 500 UR

Con antecedentes 150 UR - 1000 UR

ARTICULO 33° :- Comuníquese, etc.--

REDACCION DEL ARTICULO 194 DE LA LEY 15.903 DEL 18 DE NOVIEMBRE DE 1987

" Sustitúyese el Artículo 147 del Decreto - Ley N° 14.859 del 15 de diciembre de 1978, por el siguiente:

ARTICULO 147.- Las infracciones a lo dispuesto por el Art. 144 serán sancionadas por el Ministerio competente del modo siguiente:

1) Con una multa graduada entre 100 UR (cien unidades reajustables) y 5.000 UR (cinco mil unidades reajustables), según la gravedad de la infracción, de conformidad con la reglamentación que dictará el Poder Ejecutivo.

2) Con la caducidad del permiso o concesión de uso de aguas que hubiera otorgado al infractor.

DECRETO 253/79

Las sanciones mencionadas podrán imponerse conjuntamente y se entenderán sin perjuicio de la sanción penal que correspondiere, cuando el hecho constituyere delito.

No se podrán iniciar obras o construcción de plantas industriales cuyo funcionamiento implique vertimientos de efluentes industriales, sin haber obtenido la aprobación del proyecto de planta de tratamiento de los referidos efluentes, por parte del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

El incumplimiento de lo dispuesto precedentemente será sancionado por dicho Ministerio de la siguiente manera:

- 1)** Con la multa prevista en el numeral 1) de este artículo.
- 2)** Con la suspensión de las obras y clausura del establecimiento, hasta tanto se obtenga la aprobación mencionada."

ANEXO 6



PROYECTO DE REGLAMENTO DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

MONTEVIDEO

ABRIL 2011

INDICE

SECCIÓN I. DISPOSICIONES GENERALES	1
TÍTULO I. OBJETO	1
TÍTULO II. ALCANCE.....	1
TÍTULO III. DEFINICIONES.....	2
SECCIÓN II. DISPOSICIONES PARTICULARES.....	3
TÍTULO I. CALIDAD DEL AGUA POTABLE	3
CAPÍTULO I GENERALIDADES	3
CAPÍTULO II REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE.....	3
CAPÍTULO III MUESTREO	3
CAPÍTULO IV LABORATORIOS.....	6
CAPÍTULO V ANOMALÍAS EN LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE	6
TÍTULO II PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA	8
CAPÍTULO I GENERALIDADES	8
CAPÍTULO II CALIDAD DEL AGUA BRUTA	9
CAPÍTULO III CONTROL OPERATIVO.....	10
CAPÍTULO IV PLAN DE PREVENCIÓN Y EMERGENCIAS.....	11
CAPÍTULO V PRODUCTOS QUÍMICOS Y MATERIALES	12
TÍTULO III INFORMES Y REGISTROS.....	13
CAPÍTULO I GENERALIDADES	13
CAPÍTULO II REGISTRO DE LA INFORMACIÓN.....	13
CAPÍTULO III INFORME PERIÓDICO.....	13
CAPÍTULO IV INFORME ANUAL	15
CAPÍTULO V INFORMES ADICIONALES	18
CAPÍTULO VI INFORMES AL USUARIO	18
CAPÍTULO VII INVENTARIO	19
SECCIÓN III. VIGENCIA DEL REGLAMENTO	19
ANEXO I – REQUERIMIENTOS TÉCNICOS CALIDAD DE AGUA.....	20
CAPÍTULO I ARSÉNICO.....	20
CAPÍTULO II PLOMO	20
CAPÍTULO III PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	21
CAPÍTULO IV DESINFECCIÓN	22
CAPÍTULO V TURBIEDAD	24
CAPÍTULO VI ANOMALIAS EN CIANOBACTERIAS	25

ANEXO II – PLAN DE MUESTREO ANUAL - NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS Y FRECUENCIAS MÍNIMAS.....	26
Tabla 1	29
Tabla 2	30
Tabla 3	31
Tabla 4	32
Tabla 5	33
Tabla 6	33
Tabla 7	34
Tabla 8	35
Tabla 9	36
Tabla 10	36
Tabla 11	37
Tabla 12	37
Tabla 13	38
Tabla 14	38
Tabla 15	39
Tabla 16	39
Tabla 17	40
Tabla 18	40
ANEXO III – DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS MUESTREO	41
ANEXO IV - REQUISITOS PARA LOS LABORATORIOS	44
CAPÍTULO I LABORATORIOS PRINCIPALES	44
CAPÍTULO II LABORATORIOS SECUNDARIOS	45
CAPÍTULO III LABORATORIOS TIPO 3	46
CAPÍTULO IV LABORATORIOS EXTERNOS.....	46
CAPÍTULO V REQUISITOS APLICABLES A TODOS LOS LABORATORIOS	48

PROYECTO DE REGLAMENTO DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

SECCIÓN I. DISPOSICIONES GENERALES

TÍTULO I. OBJETO

Artículo 1. El presente reglamento tiene por objeto establecer un régimen de calidad y seguridad del agua potable distribuida por redes, según lo establecido por el artículo 15, literal “D”, numeral “2”, de la Ley N° 17.598, de 13 de diciembre de 2002, así como los aspectos del servicio relacionados con ello.

TÍTULO II. ALCANCE

Artículo 2. Este reglamento alcanzará a toda Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable que preste el servicio público de agua potable por redes, según lo establecido en el artículo 1°, literal “C”, de la Ley 17.598.

Para los servicios menores de 200 habitantes serán aplicables únicamente las previsiones de los artículos 4, 5 y 21 a 28 del presente Reglamento.

La población a considerar surgirá de la última información demográfica disponible, del Instituto Nacional de Estadística (INE) excepto para el caso de localidades que aumentan estacionalmente la misma, en una o más épocas del año.

Cuando la población abastecida y la población total presenten una diferencia significativa, la EPSA podrá considerar la población abastecida incorporando un cálculo fundado de dicha diferencia.

La estimación de la población de localidades que aumentan la misma estacionalmente, en una o más épocas del año, se realizará de acuerdo a lo detallado en el artículo 5 del ANEXO II.

TÍTULO III. DEFINICIONES

Artículo 3. Las siguientes expresiones tienen, en el marco de este reglamento, el sentido que se indica:

ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE (EPSA): Conjunto formado por la organización, los procesos, las actividades, los medios y recursos necesarios para extraer, tratar, distribuir o abastecer agua potable y para prestar los servicios asociados.

FALLA PERSISTENTE DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE: Repetición sistemática de no conformidad de un parámetro con respecto al límite establecido por este reglamento a lo largo del tiempo, que no implique el riesgo de afectar la salud de la población a corto plazo.

POBLACIÓN SENSIBLE: Usuarios que por sus características etarias o de salud, presenten un mayor riesgo de ser afectados por la calidad del agua potable o por la falta de su provisión en las condiciones normales de regularidad y continuidad.

SISTEMA: Sistema de abastecimiento de agua potable a una localidad con unidades propias de producción o a un conjunto de localidades con unidades de producción comunes.

VALOR MÁXIMO PERMITIDO (VMP): Valor que representa el nivel máximo en concentración de un componente, por encima del cual la muestra no cumple con los requisitos de este reglamento.

MUESTRA NO ACEPTABLE: Muestra para la cual, el valor de uno o más parámetros de los analizados no cumple con los requisitos de este reglamento.

SECCIÓN II. DISPOSICIONES PARTICULARES

TÍTULO I. CALIDAD DEL AGUA POTABLE

CAPÍTULO I GENERALIDADES

Artículo 4. Cada EPSA debe implementar, en el ámbito de su competencia, un sistema de control de la calidad del agua en todas sus etapas, desde la fuente hasta el usuario. Los controles o verificaciones efectuados por la URSEA no relevarán a la EPSA de su responsabilidad básica.

CAPÍTULO II REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Artículo 5. El agua potable que cada EPSA distribuye a sus usuarios debe cumplir con los requerimientos técnicos establecidos por el Decreto N° 110/011, de fecha 18/3/2011; con los complementos que se incluyen en el Anexo I del presente reglamento y con la normativa que emitan los organismos competentes.

CAPÍTULO III MUESTREO

Artículo 6. El muestreo estará regulado por lo establecido en el presente Capítulo así como por las disposiciones de los Anexos II y III.

Artículo 7. Cada EPSA deberá controlar en forma periódica los parámetros establecidos en la normativa vigente, en todo el sistema de abastecimiento a su cargo, desde la fuente al usuario, con el fin de vigilar el tratamiento y la distribución, determinando la calidad del agua que es entregada al usuario.

Artículo 8. El control se hará mediante la toma de muestras y la realización de los análisis que corresponda, por laboratorios que cumplan con los requisitos establecidos en el presente reglamento, según procedimientos normalizados.

Artículo 9. Cada EPSA deberá presentar a la URSEA un plan de muestreo anual rutinario y de emergencia para cada sistema a su cargo, respetando los números mínimos de muestras y las frecuencias mínimas establecidas en el Anexo II.

El plan de muestreo anual rutinario contendrá, como mínimo:

- a) todos los posibles puntos de muestreo identificando los puntos de muestreo de rutina;
- b) el número de muestras y la frecuencia de análisis a realizar, según los respectivos parámetros; y
- c) las fechas precisas de los muestreos.

El plan de muestreo de emergencia deberá contemplar el muestreo reactivo ante reclamos de los usuarios, así como la intensificación del muestreo en caso de deterioro de la calidad del agua bruta, o de la aparición de contaminantes extraordinarios u otros fenómenos anómalos.

Artículo 10. Los planes de muestreo podrán ser revisados periódicamente a propuesta de la EPSA o de la URSEA, o cuando ocurran hechos que así lo aconsejen.

Artículo 11. Los planes de muestreo podrán ser auditados por un auditor técnico designado por la URSEA, quien certificará su razonabilidad y representatividad.

Artículo 12. La URSEA, podrá efectuar inspecciones en los puntos de muestreo de acuerdo al cronograma elaborado por cada EPSA, a fin de verificar su cumplimiento.

Artículo 13. Los planes de muestreo se basarán, siempre que sea razonable, en métodos estadísticos apropiados.

Artículo 14. Los puntos de muestreo serán representativos de la zona de abastecimiento que se pretende muestrear. Para la distribución de las muestras se combinarán criterios espaciales y temporales.

Artículo 15. Los puntos de muestreo deberán estar distribuidos geográficamente tanto en zonas de alta densidad como de baja densidad, al principio, a lo largo y en las puntas de la red, de modo de reflejar la calidad del agua entregada en todo el recorrido de la red.

Se considerarán puntos de muestreos fijos y variables. Los puntos fijos se seleccionarán de modo de que incluyan puntos críticos, en particular zonas consideradas vulnerables a la contaminación, tramos finales de los sistemas, áreas de baja presión y áreas susceptibles de presentar ausencia de desinfectante residual. En el caso de localidades con baja frecuencia de muestreo la EPSA podrá no atenerse estrictamente al criterio anterior, dejando constancia en el correspondiente Plan de Muestreo a presentar a la URSEA. Dicho Plan deberá incluir los puntos críticos.

En el caso de sistemas que poseen más de una fuente de agua, las ubicaciones de los puntos de muestreo han de reflejar la existencia de distintas fuentes, considerando especialmente las más desfavorables. Asimismo, se deberá contemplar la demanda y la población asociada a cada una de las fuentes.

Cuando el agua de diferentes fuentes se mezcla dentro de un sistema de cañería complejo, las ubicaciones de recolección de la muestra deben permitir identificar las porciones de cada fuente a través del sistema.

Debe preverse la extracción de muestras en depósitos de distribución, en sistemas de bombeo con almacenamiento en la succión u otros dispositivos con tiempos de retención significativos.

Para los depósitos de distribución en los que coinciden la salida y la entrada de agua, cada EPSA presentará los criterios y puntos de ubicación de las muestras, de forma de que las mismas sean representativas de la calidad de agua contenida en dichos depósitos.

Artículo 16. El número de muestras contemplará, como mínimo, la población abastecida y las dimensiones y características de la red.

Artículo 17. Las muestras deberán distribuirse a lo largo del año y contemplar las variaciones estacionales de algunos parámetros.

En caso de variación estacional de la población, los muestreos deberán considerar dicha variación y las dimensiones de la red de agua.

Artículo 18. Las muestras se tomarán:

- a) de casetas destinadas a tal fin, cuando se disponga de ellas y para el análisis de aquellos parámetros en los que el agua extraída de casetas pueda considerarse representativa del agua suministrada a los usuarios;
- b) de canillas situadas próximas a la llave general de los usuarios en conexiones en uso, ya sean domiciliarias, de instituciones públicas, de servicios, comercios o industrias;
- c) de instalaciones de la EPSA, cuando estas puedan considerarse representativas del agua suministrada a los usuarios.

Artículo 19. Para cada punto de muestreo se deberá contar con una ficha en la cual se deben incluir los siguientes aspectos relativos a su identificación:

- a) nombre y código de la localidad y departamento;
- b) nombre del prestador del servicio;
- c) dirección detallada de la ubicación y si resultara necesario referencia a otras instalaciones o edificaciones que permitan precisar su emplazamiento;
- d) fotografías y/o registros escritos detallando las características del lugar y dispositivos que puedan tener un efecto negativo sobre la representatividad de las muestras recolectadas o que impidan la desinfección; y
- e) georeferencia.

Artículo 20. Las muestras reflejarán la influencia de las redes, incluyendo las conexiones, en la calidad del agua entregada en los domicilios.

Cuando se trate de muestras en conexiones y para la determinación de parámetros que pueden ser afectados por los materiales de las mismas, se tomarán muestras sin purga y con purga de la cañería.

CAPÍTULO IV LABORATORIOS

Artículo 21. Los laboratorios utilizados por la EPSA para realizar los análisis de control de agua ya sea potable, bruta o en proceso, deberán contar con equipamiento, personal, y técnicas de análisis adecuados de acuerdo a lo establecido en el Anexo IV.

Artículo 22. Los laboratorios deberán mantener un registro actualizado y auditable de todos los análisis que realicen por cuenta de la EPSA.

Artículo 23. La URSEA, podrá inspeccionar los laboratorios y realizar los procedimientos de control que considere convenientes.

CAPÍTULO V ANOMALÍAS EN LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Artículo 24. En el caso de detectar anomalías en parámetros de indicadores microbiológicos, la EPSA deberá repetir el muestreo de acuerdo a los criterios que se establecen en el Anexo II.

Artículo 25. La EPSA informará a la URSEA dentro de las veinticuatro horas de detectada alguna de las siguientes anomalías:

- a) anomalías respecto a los parámetros microbiológicos Escherichia Coli o Coliformes fecales (termotolerantes);

- b) anomalías en cianobacterias, o en cualquier otro parámetro que pueda poner en riesgo la salud de la población,
- c) anomalías relativas a parámetros organolépticos u otros que puedan causar alarma en la población; y
- d) anomalías en repeticiones por muestras no conformes de cualquier otro parámetro microbiológico.

A las 72 horas de detectada la anomalía, se deberá enviar un informe a la URSEA que incluirá el análisis de causas, las medidas correctivas que haya adoptado la EPSA y el tiempo estimado de corrección de la falla. Igualmente se mantendrá informada a la URSEA sobre la evolución de la situación y las acciones en curso, previo al envío del documento solicitado.

Artículo 26. Cuando se comprueben fallas puntuales que determinen que en el corto plazo el agua distribuida pueda poner en riesgo la salud de la población o producir el rechazo masivo de la misma por sus características organolépticas, la EPSA deberá comunicar a la población las medidas a tomar para su uso y avisará a la URSEA y a las autoridades sanitarias locales.

Dicha alarma deberá mantenerse activa hasta que las condiciones del servicio se hayan restablecido. La EPSA deberá enviar Informe a la URSEA, en las 72 horas posteriores al restablecimiento del servicio, detallando las acciones tomadas y los controles previstos para evaluar la evolución de la situación derivada de las fallas. Igualmente se mantendrá informada a la URSEA sobre la evolución de la situación y las acciones en curso, previo al envío del documento solicitado.

Artículo 27. En el caso de fallas puntuales a que refiere el punto anterior, la EPSA prestará a la Población Sensible, comprendiendo los servicios de instituciones tales como hospitales, ciertos establecimientos educacionales y geriátricos y ciertos otros establecimientos de salud, un servicio mínimo utilizando otros medios como camiones cisterna o agua envasada.

Artículo 28. En el caso de producirse una Falla Persistente de Calidad, la EPSA deberá informar a la URSEA, describiendo el problema, sus causas y las medidas que llevará a cabo para restablecer la calidad del agua.

TÍTULO II PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA

CAPÍTULO I GENERALIDADES

Artículo 29. Cada EPSA deberá poner a disposición de la URSEA, para su verificación, un plan de seguridad de agua para cada sistema con población de más de 20.000 habitantes.

Para sistemas con población menor de 20.000 habitantes, cada EPSA propondrá un plan de seguridad de agua común, con las variantes necesarias para captar las diferencias más significativas entre sistemas, como ser tipo de fuente, tipo de tratamiento y características de los elementos de almacenamiento, transporte y distribución.

El plazo para proponer el plan de seguridad de agua será de dos años a partir de la entrada en vigencia del presente reglamento para los sistemas con población mayor a 50.000 habitantes y de tres años para los casos restantes.

Artículo 30. La población de cada sistema se determinará siguiendo los criterios establecidos en el Anexo II.

Artículo 31. La URSEA podrá solicitar modificaciones o ajustes a los planes de seguridad del agua, que serán de obligatorio cumplimiento para la EPSA. Dichos planes podrán generar modificaciones a los respectivos planes de muestreo anual, referidos en el Capítulo III, del Título I de la Sección II, que en todos los casos deberán ser aprobados por la URSEA.

Artículo 32. El plan de seguridad del agua deberá comprender, como mínimo, los siguientes componentes:

- a) equipo de desarrollo del plan de seguridad;
- b) descripción del sistema;
- c) diagrama de flujo del sistema;
- d) identificación de los riesgos;
- e) caracterización de los riesgos;
- f) identificación y evaluación de las medidas de control;
- g) establecimiento de los límites críticos;
- h) establecimiento de los planes de de monitoreo;

- i) establecimiento de las medidas correctivas;
- j) establecimiento de procedimientos para la gestión de rutina;
- k) establecimiento de procedimientos para la gestión en condiciones de emergencia;
- l) documentación y protocolos de comunicación; y
- m) evaluación del funcionamiento del plan de seguridad del agua.

Artículo 33. Los requerimientos relativos a calidad del agua bruta, control operativo, plan de prevención y emergencia y productos químicos y materiales a incluir en el plan de seguridad de agua, deberán ser implementados previamente a la presentación del plan de seguridad del agua y oportunamente serán incorporados al mismo.

CAPÍTULO II CALIDAD DEL AGUA BRUTA

Artículo 34. La EPSA deberá realizar un monitoreo de la calidad del agua bruta que ingresa a las usinas de potabilización o se bombea al sistema de distribución desde perforaciones subterráneas. Tendrá por finalidad detectar posibles deterioros que limiten o impidan el proceso de producción de agua potable, los cuales deberán ser comunicados a la URSEA y al MVOTMA.

Esto incluye, como mínimo disponer de los muestreos del agua bruta y estudios hidrogeológicos necesarios para detectar probables contaminantes.

En los sistemas que se alimenten con aguas superficiales, cada EPSA deberá instalar y mantener en funcionamiento un sistema de control y alarma temprana en cada toma, recomendándose la automatización total o parcial del mismo para los sistemas que abastecen a las poblaciones mayores.

Artículo 35. La EPSA deberá promover, en conjunto con el MVOTMA, el MGAP y otras autoridades competentes acciones y planes para la protección de sus fuentes de abastecimiento y cuencas contribuyentes.

Asimismo la EPSA deberá adoptar todas las medidas pertinentes para que el agua bruta que ingresa en las usinas de potabilización o que se bombea al sistema de distribución desde perforaciones subterráneas, sea de calidad aceptable a los efectos de ser sometida los tratamientos de potabilización correspondientes.

Artículo 36. La EPSA deberá informar a la URSEA a la brevedad de conocido y no superando las veinticuatro horas, de cualquier desviación sustancial de la calidad del agua bruta o accidente de contaminación no tratable.

Adoptará, dentro del ámbito de su competencia, las medidas necesarias para la identificación de los contaminantes, para impedir que los mismos ingresen a las usinas de potabilización y/o al sistema de distribución y efectuará los ajustes pertinentes de los procesos de potabilización.

A las 72 horas de detectada una desviación sustancial o un accidente, se deberá enviar un informe a la URSEA que incluirá el análisis de causas, las medidas adoptadas y el tiempo estimado para la corrección. Igualmente se mantendrá informada a la URSEA sobre la evolución de la situación y las acciones en curso, previo al envío del documento solicitado.

La EPSA deberá tener a su disposición una reserva suficiente de barreras superficiales y de otros elementos que pudieran requerirse, para defender la toma de contaminantes flotantes.

Contará con una reserva suficiente de carbón activado para su uso en caso de necesidad. Cuando la reserva se emplace fuera del predio donde se realiza la potabilización del agua, tendrá disponible en dicho predio una reserva mínima, que le permita actuar mientras se transporta el carbón activado desde el depósito de la EPSA.

CAPÍTULO III CONTROL OPERATIVO

Artículo 37. Cada EPSA deberá implementar, para cada sistema, un programa de control operativo, teniendo en cuenta las distintas fases de la cadena de producción de agua potable (fuente, sistemas de potabilización, almacenamiento, transporte y distribución), con el fin de evaluar la eficiencia de cada una de las sucesivas barreras del proceso.

Artículo 38. En cada sistema de potabilización se deberán controlar las condiciones de ingreso y egreso del producto en cada fase del proceso, evaluando parámetros específicos, para adecuarlo a las variaciones de las condiciones de ingreso, asegurando así la calidad del producto final.

Artículo 39. El control operativo deberá estar documentado.

CAPÍTULO IV PLAN DE PREVENCIÓN Y EMERGENCIAS

Artículo 40. Cada EPSA deberá desarrollar para cada sistema un plan de prevención y emergencias, que contemple los casos posibles de riesgo y desastres que puedan afectar a los servicios a su cargo, su evaluación y las medidas que entienda implementar cuando dichos casos se presenten. Cada plan de prevención y emergencias deberá ser presentado a la URSEA, quien podrá hacer observaciones, previo a su implementación.

El plazo máximo para la presentación del referido plan es de dieciocho meses a partir de la entrada en vigencia del presente reglamento.

Artículo 41. Cada plan de prevención y emergencias será revisado cada tres años. Asimismo, será revisado cuando se registren casos no contemplados o surjan mejoras en base a la experiencia de casos reales.

Artículo 42. Los planes de prevención y emergencias serán específicos de cada sistema. En el caso de sistemas con población menor a 20.000 habitantes se aceptarán planes comunes para recursos y tecnologías similares. Para su elaboración se coordinará en lo pertinente con las dependencias correspondientes del Sistema Nacional Emergencias.

Artículo 43. Cada EPSA deberá involucrar a los actores vinculados de las ciudades que sirva en sus planes de prevención y emergencias, de modo de poder advertirles con tiempo la ocurrencia de episodios de contaminación masiva y obtener ayuda de los mismos, en la medida de sus posibilidades.

Sin perjuicio de lo establecido en el artículo 36, los planes de prevención y emergencias especificarán los stocks mínimos de reactivos (cloro, floculantes, carbón activado, etc.), elementos físicos (barreras flotantes, etc.) y equipamientos (generadores, camiones cisterna, etc.) necesarios para hacer frente a las diferentes situaciones de riesgo consideradas en los planes.

CAPÍTULO V PRODUCTOS QUÍMICOS Y MATERIALES

Artículo 44. Cada EPSA deberá tener procedimientos escritos y auditables para la adquisición y utilización de productos químicos, sustancias y materiales que estén en contacto con el agua en los sistemas de abastecimiento.

Artículo 45. Las sustancias y productos químicos utilizados en los procesos de potabilización y desinfección, así como cualquier impureza que éstos pudieran contener, no podrán originar, una vez incorporados en el tratamiento, riesgos para la salud humana.

Artículo 46. La EPSA deberá contar con certificados que garanticen el uso en agua potable de los productos químicos de uso directo (sin procesar) en el tratamiento de potabilización, otorgado por un organismo debidamente acreditado.

A la fecha de entrada en vigencia del presente Reglamento, la EPSA deberá entregar a la URSEA la lista de productos químicos de uso directo utilizados en el tratamiento de potabilización de agua, discriminando los importados y los de fabricación nacional.

Para aquellos productos químicos importados de uso directo, que a la fecha de entrada en vigencia del presente reglamento, la EPSA no cuente con dichos certificados, dispondrá de un plazo de hasta 18 meses a partir de la fecha de entrada en vigencia del presente Reglamento, para cumplir con dicho requisito.

En el caso de los productos de fabricación nacional el plazo a que se refiere el inciso anterior será de hasta 4 años.

Si existiera algún caso debidamente fundado, en el que la EPSA no haya obtenido el certificado en los plazos establecidos al incorporar un nuevo producto (luego de la entrada en vigencia del presente Reglamento), la URSEA podrá extender estos plazos de forma excepcional, a solicitud de la EPSA.

La EPSA tomará todas las medidas que estén a su alcance para la obtención de los certificados referidos anteriormente en el menor plazo posible.

La URSEA podrá solicitar a la EPSA la presentación de los requisitos que ésta establece al adquirir los productos químicos, así como los controles que realiza.

Excepcionalmente, en casos de emergencia, podrán realizarse compras de productos sin certificado, lo cual se deberá comunicar a la URSEA.

TÍTULO III INFORMES Y REGISTROS

CAPÍTULO I GENERALIDADES

Artículo 47. La modalidad de presentación de los informes que se establecen en el presente Título será indicado por la URSEA y comunicado oportunamente a la EPSA.

La URSEA instrumentará los mecanismos a través de los cuales deberá comunicarse la información exigida a la EPSA.

Artículo 48. La EPSA podrá solicitar excepcionalmente a la URSEA, por causas debidamente justificadas y acreditadas, una prórroga para la presentación del informe de algún sistema en particular. La URSEA evaluará la pertinencia de conceder dicho plazo así como su extensión.

CAPÍTULO II REGISTRO DE LA INFORMACIÓN

Artículo 49. Cada EPSA deberá registrar información en tiempo, calidad y cantidad necesarios para el cumplimiento de las exigencias previstas en el presente reglamento. Dicho registro servirá, además, para brindar la información a la URSEA, usuarios y terceros interesados.

Artículo 50. Los registros deben ser actualizados por la EPSA, de forma tal que puedan ser consolidados periódicamente con el objeto de emitir informes y permitir la realización de auditorías por parte de la URSEA, sus eventuales auditores y otras autoridades competentes.

Artículo 51. Toda la información técnica de la EPSA estará disponible para ser inspeccionada por la URSEA. Complementariamente la URSEA podrá requerir a la EPSA disponer de una conexión telemática permanente (on line), para la auditoría continua de ciertos registros, que se acordarán con la misma.

CAPÍTULO III INFORME PERIÓDICO

Artículo 52. Cada EPSA presentará a la URSEA, para cada sistema, un informe técnico periódico de niveles de servicio que contendrá:

- a) indicadores de producción, incluyendo: volúmenes mensuales de agua elevados, volúmenes mensuales elevados por cada perforación y/o usina y horario de funcionamiento de cada una de dichas unidades; y
- b) niveles de servicio, incluyendo: estadística de los resultados analíticos de agua entregada, cortes de servicio y número de reclamos de los usuarios referidos a calidad del agua potable, tiempo de respuesta a los mismos y número de casos en que se emprendieron acciones específicas.

Se entiende por tiempo de respuesta, el período transcurrido entre la recepción del reclamo por parte de la EPSA y la verificación por parte de la misma de que las acciones tomadas eliminaron el problema planteado en el reclamo.

La URSEA podrá solicitar a la EPSA el desglose del informe por localidad o grupos de localidades ya sea de aspectos parciales del informe o de la totalidad de los mismos.

Artículo 53. Las estadísticas de los resultados de agua entregada, referidas en el literal b) del artículo precedente, comprenderán como mínimo:

- a) número total de muestras realizadas;
- b) número total de muestras previstas en el plan de muestreo;
- c) número total de muestras no aceptables;
- d) listado de parámetros en que se presentaron muestras no aceptables;
- e) número de muestras realizadas por parámetro;
- f) número de muestras por parámetro previstas en el plan de muestreo;
- g) número de muestras no aceptables por parámetro; y
- h) grado de apartamiento de las muestras no aceptables por parámetro cuando corresponda y expresado según formato a acordar con la URSEA.

Dichas estadísticas incluirán el número de muestras que han superado las temperaturas y condiciones de conservación establecidas en el Anexo III y su apertura por intervalos, según formato a acordar con la URSEA.

Artículo 54. El informe técnico periódico de niveles de servicio contará con formatos y empleará indicadores y parámetros acordados con la URSEA. Será informatizado y entregado a la URSEA en un formato electrónico que permita su ulterior utilización.

Artículo 55. El informe técnico periódico de niveles de servicio tendrá una periodicidad mensual en el caso de sistemas con población mayor o igual a 20.000 habitantes. Para sistemas con población mayor o igual a 5000 habitantes y menor a 20.000 habitantes el informe será cuatrimestral. Para las poblaciones con población mayor o igual a 1000 habitantes y menor a 5000 habitantes el informe será semestral.

Artículo 56. La población a considerar se determinará de la forma establecida en el Anexo II.

Artículo 57. El primer informe técnico periódico de niveles de servicio para los sistemas con población mayor a 20.000 habitantes, se presentará a los seis meses de la entrada en vigencia del presente reglamento. La información referida a indicadores de producción podrá presentarse bimensualmente para los sistemas con población inferior a 50.000 habitantes. La referida a cortes de servicio y reclamos de los usuarios podrá no incluirse en los seis primeros informes.

Artículo 58. El primer informe técnico periódico de niveles de servicio para los sistemas con población mayor a 1000 habitantes y de hasta 20.000 habitantes, se presentará a los doce meses de la entrada en vigencia del presente reglamento. La información referida a cortes de servicio y reclamos de los usuarios podrá no incluirse en los cuatro primeros informes.

Artículo 59. Los plazos para la presentación de los informes una vez finalizado el período considerado (semestre, cuatrimestre o mes) será de tres meses para el caso de los informes semestrales, dos meses para el caso de los cuatrimestrales y un mes para el caso de los mensuales. La EPSA podrá solicitar a la URSEA en forma fundada y por cierto período de tiempo la extensión del plazo para ciertos aspectos del informe.

CAPÍTULO IV INFORME ANUAL

Artículo 60. Cada EPSA elaborará y presentará a la URSEA para cada sistema, a más tardar el 31 de mayo de cada año, un informe anual que comprenderá un informe anual de niveles de servicio y documentación anual complementaria de acuerdo a lo establecido en los siguientes puntos. La URSEA podrá solicitar a la EPSA el desglose del informe por localidad o grupos de localidades ya sea de aspectos parciales del informe o de la totalidad de los mismos.

Artículo 61. La URSEA podrá exigir que el informe anual sea certificado por un auditor técnico externo. En este caso, el auditor certificará que la información presentada es fiel reflejo de la realidad y que ha sido recopilada y elaborada según procedimientos auditados.

Artículo 62. El informe anual de niveles de servicio debe incluir, sin que ello sea limitativo, lo siguiente:

- a) información para cada sistema referida al objeto del presente reglamento, incluyendo: ubicación, infraestructura, número de unidades habitacionales con conexión, número de usuarios no residenciales número de conexiones operativas;
- b) fuentes de agua que surten al sistema, estadística anual del volumen de agua elevada para cada sistema con apertura mensual y totales anuales. Se indicará explícitamente el máximo volumen mensual elevado y el mes en que se presentó el mismo y el caudal máximo diario elevado. Se incluirá también el volumen máximo de agua susceptible de haber sido elevado en cada mes del año y el caudal máximo diario factible de haber sido elevado en el período;
- c) estadística anual del plan de muestreo, indicando como mínimo: número total de muestras realizadas, número total de muestras previstas en el plan de muestreo, número total de muestras no aceptables, listado de parámetros en que se presentaron muestras no aceptables, número de muestras realizadas por parámetro, número de muestras por parámetro previstas en el plan de muestreo, y número de muestras no aceptables por parámetro;
- d) estadística anual de los reclamos de los usuarios recibidos referidos a calidad del agua potable incluyendo, como mínimo: número, tiempo de respuesta a los mismos y número de casos en que se emprendieron acciones específicas;
- e) resumen de las obras y acciones ejecutadas para la ampliación de capacidad de los sistemas existentes y para la mejora de la calidad de los servicios en los aspectos abordados en este reglamento, incluyendo los montos de inversión;
- f) indicadores de desempeño u otro tipo que oportunamente se acuerden con la URSEA;

- g) tratamiento dado a las emergencias relacionadas con la calidad del agua potable; y
- h) la información disponible referente a monitoreo de la fuente de agua
- i) toda información que, en opinión de la EPSA, sea necesaria para la correcta comprensión del informe y de la calidad de los servicios.

Artículo 63. La documentación anual complementaria incluirá para cada sistema, como mínimo, la siguiente información:

- a) planos actualizados de la red de distribución, indicando los distintos ingresos de agua potable al sistema, los caudales erogados por cada perforación y/o usina (estableciendo si estos han tenido variación a lo largo del año), y la localización de los posibles puntos de muestreo;
- b) plano esquemático de la ubicación de fuentes de agua y usinas y de la red de distribución, incluyendo los puntos de muestreo e indicando aquellos en que se presentaron muestras no aceptables discriminado por tipo de parámetros;
- c) volúmenes anuales y mensuales elevados por cada perforación y/o usina. Horas de funcionamiento anual y mensual de cada perforación y/o usina;
- d) grado de apartamiento de las muestras no aceptables por parámetro, cuando corresponda y expresado según formato a acordar con la URSEA;
- e) número de muestras en el año que han superado las temperaturas y condiciones de conservación establecidas en el Anexo III y su apertura por intervalos, según formato a acordar con la URSEA;
- f) estadística de cortes de servicio, divididos en previstos y no previstos y los plazos de reposición del servicio;
- g) documentación actualizada que acredite contar con los permisos de extracción de agua de las fuentes que utilice, o haber iniciado los trámites correspondientes; en este último caso se deberá incluir en el informe anual el estado de avance de los mismos.
- h) consumo de energía, productos químicos y mano de obra empleados para la producción;

- i) resultados del plan de control operativo si son explícitamente solicitados por la URSEA; y
- j) número total de sistemas en los que presta servicios cada EPSA y número total de sistemas donde se produjeron muestras no aceptables, incluyendo listado de los mismos.

Artículo 64. El primer informe anual se presentará al finalizar el primer año calendario completo posterior a la presentación del primer informe técnico periódico de niveles de servicio.

Artículo 65. La información requerida en los literales d), f) y h) del artículo 62 y f), g) y h) del artículo 63 podrán presentarse a partir del segundo informe anual.

Artículo 66. Cada EPSA acordará con la URSEA los formatos de los informes a presentar durante el período que se inicia con la entrada en vigencia del reglamento y finaliza doce meses antes de la fecha en que debe presentarse el primer informe anual.

CAPÍTULO V INFORMES ADICIONALES

Artículo 67. La URSEA podrá requerir ampliación de los informes, o solicitar informes extraordinarios.

CAPÍTULO VI INFORMES AL USUARIO

Artículo 68. Cada EPSA pondrá a disposición de sus usuarios y demás interesados, en su página de Internet, una síntesis conteniendo los principales indicadores de los informes anuales de niveles de servicio presentados a la URSEA. Cualquier usuario que no cuente con acceso a Internet, igualmente podrá tramitar la extensión de una copia de dicha publicación, para la localidad que lo solicite.

La primera publicación de esta síntesis en Internet se realizará al año siguiente de presentado el primer informe anual ante la URSEA.

Estos indicadores serán graficados en forma clara, en base a la serie histórica de como mínimo los últimos cinco años, de modo de reflejar la evolución de la calidad del servicio provisto.

Artículo 69. El contenido y el formato de los informes referidos en el punto anterior, así como la información histórica a incluir por cada EPSA, hasta disponer la serie histórica establecida, serán acordados con la URSEA durante el período que se inicia con la entrada en vigencia del presente reglamento y finaliza diez meses antes de la fecha en que debe presentarse el primer informe anual.

Artículo 70. Cada EPSA informará con la factura del período inmediato posterior a la presentación del informe anual de niveles de servicio, la disponibilidad de dicho informe y de su síntesis. La versión impresa del informe anual de niveles de servicio y su síntesis será puesta a disposición en sus oficinas comerciales y enviados por correspondencia a las autoridades municipales y sanitarias.

CAPÍTULO VII INVENTARIO

Artículo 71. La EPSA deberá producir registros de bienes de superficie y subterráneos, con un grado de detalle tal que posibilite un completo entendimiento de la existencia, ubicación y estado de dichos bienes. Tales registros deberán contemplar esquemas, láminas, planos geo-referenciados, modelos de computación, bases de datos, hojas de cálculo y similares, así como también historiales de construcción, reparaciones y mantenimiento y todo otro elemento que permita tener conocimiento de las instalaciones del servicio, vinculados a los aspectos abordados en este reglamento, para que la URSEA y otros organismos del Estado puedan realizar un correcto control del estado de la infraestructura y de la prestación del servicio.

Artículo 72. El registro de bienes constituirá el inventario de los bienes destinados al servicio. Dicho inventario será preparado por cada EPSA dentro de los dos años posteriores a la entrada en vigencia del reglamento y puesto a disposición de la URSEA para su inspección. Luego será actualizado en forma anual y contendrá información sobre el origen, destino y estado de los mismos.

SECCIÓN III. VIGENCIA DEL REGLAMENTO

Artículo 73. El presente reglamento entrará en vigor el 1° de enero de 2012. .

ANEXO I – REQUERIMIENTOS TÉCNICOS CALIDAD DE AGUA

CAPÍTULO I ARSÉNICO

Artículo 1. Para los sistemas que, al momento de entrar en vigencia el presente reglamento, sobrepasen el VMP de 0.02 mg/L establecido para el arsénico por el Decreto N° 110/011, de fecha 18/3/2011, se podrá admitir un VMP de 0.05 mg/L hasta el 18 de marzo de 2014. A partir de dicha fecha deberán cumplir con un VMP de 0.02 mg/L.

La EPSA que cuente con sistemas comprendidos en esta situación deberá presentar documentación que lo acredite dentro de los tres meses desde la entrada en vigencia de este reglamento.

La URSEA fijará un plazo para el cumplimiento del valor objetivo de 0.01 mg/L para cada sistema, teniendo en consideración el plan de acción que cada EPSA podrá presentar hasta el 30 de diciembre de 2012.

El plazo referido en el inciso anterior no podrá, en ningún caso, extenderse más allá de 1° de enero del 2021.

Artículo 2. Sin perjuicio de los plazos establecidos en el artículo anterior, la EPSA deberá adoptar medidas para reducir cuanto sea posible la concentración de arsénico en el agua potable.

CAPÍTULO II PLOMO

Artículo 3. Cada EPSA podrá presentar a la URSEA, dentro del año siguiente a la entrada en vigencia del presente reglamento, un plan de acción relativo al cumplimiento del valor objetivo previsto para el plomo, de 0.01 mg/L para cada sistema.

Cuando las conexiones que alimentan a los usuarios sean total o parcialmente de plomo, el plan de acción incluirá una primera etapa de caracterización de conexiones, muestreo y evaluación de los niveles de plomo en el agua potable que cada EPSA entrega a los usuarios.

Cada EPSA podrá presentar un ajuste del plan una vez finalizada esta etapa.

Artículo 4. La URSEA fijará un plazo para el cumplimiento del valor objetivo de plomo 0.01 mg/L para cada sistema, teniendo en cuenta el plan de acción referido en el artículo anterior.

Este plazo no podrá extenderse más allá de 1° de enero del 2021.

Artículo 5. Sin perjuicio de los plazos establecidos en el artículo anterior, la EPSA deberá adoptar medidas para reducir cuanto sea posible la concentración de plomo en el agua potable.

Asimismo, cada EPSA deberá dar prioridad a las zonas donde se presenten las mayores afectaciones y a aquellas donde se ubique la Población Sensible.

CAPÍTULO III PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Artículo 6. Se acepta la presencia de coliformes totales en el sistema de distribución de acuerdo a la siguiente tabla y condiciones

Nº Muestras	Período Considerado	Nº muestras no aceptables admitidas	Observaciones
≥ 6	semestre	1	siempre que Nº muestras en el cuatrimestre sea inferior a 12
≥12	cuatrimestre	5%	siempre que Nº muestras mensual sea inferior a 16 y no se registre presencia en más de 1 muestra por mes
≥ 16	mensual	5%	

La URSEA podrá reducir o suprimir la aceptación de la presencia de coliformes totales si la EPSA no cumple con el número mínimo de muestras y frecuencias mínimas establecidas en la tabla 1 del Anexo II.

Artículo 7. Para determinar la cantidad de muestras totales referidas en el artículo anterior no se han de considerar las repeticiones y muestras asociadas a una repetición a que se hace referencia en el artículo 24 y en el Anexo II.

Artículo 8. En ningún caso resulta aceptable la presencia de Escherichia coli o coliformes termotolerantes.

CAPÍTULO IV DESINFECCIÓN

Artículo 9. El agua debe ser sometida a un proceso de desinfección.

Artículo 10. Cuando el proceso de desinfección se realiza con cloro, el agua debe contener, después del mismo, un tenor mínimo de cloro residual libre de 0.5 mg/L. Se recomienda que la cloración sea realizada a pH menor a 8 y con un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos.

En este caso, la concentración de cloro residual libre mínima en cualquier punto de la red de distribución debe ser de 0.2 mg/L.

Podrá admitirse que un cierto número de muestras presenten un valor no inferior a 0.1 mg/L o al límite de cuantificación del equipo empleado para la determinación, para el caso en que éste sea superior a 0.1 mg/L. siempre y cuando se cumpla con lo que establece la siguiente tabla

Nº Muestras Analizadas	Período Considerado	Nº muestras admitidas	Observaciones
≥17 y <45	cuatrimestre	10%	en no más de 1 muestra por mes
≥ 45 y <85	cuatrimestre	10%	en no más de 2 muestras por mes siempre que Nº muestras mensual sea inferior a 30 y en no más de 3 muestras por mes
≥85 y <120	cuatrimestre	10%	
≥ 30	mensual	10%	

Podrá admitirse también que un cierto número de muestras presenten un valor inferior a 0.1 mg/L o al límite de cuantificación del equipo empleado para la determinación, para el caso que éste sea superior a 0.1 mg/L, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

i) se cumpla con lo que establece la siguiente tabla

Nº Muestras analizadas	Período Considerado	Nº muestras admitidas	Observaciones
≥17	cuatrimestre	3%	siempre que Nº muestras mensual sea inferior a 30 y en no más de 1 muestra por mes
≥ 30	mensual	3%	

ii) cuando una muestra presente un valor inferior al citado se realicen remuestreos en el mismo punto (en días sucesivos) hasta que los resultados obtenidos en dos muestras consecutivas cumplan con el valor de 0.2 mg/L; iii) las muestras extraídas como repetición se adicionen a las establecidas en el plan de muestreo anual; iv) no se presenten en un mismo punto más de 3 muestras consecutivas que no cumplan con el requisito o 5 muestras no consecutivas (en el período considerado) y v) se tomen a la brevedad las medidas necesarias para hallar la causa de la situación planteada e implementar las medidas necesarias para eliminarla.

La URSEA podrá reducir o suprimir las tolerancias anteriores si la EPSA no cumple con el número mínimo de muestras y frecuencias mínimas establecidas en la tabla 4 del Anexo II.

Esta disposición regirá a partir del 1° de enero de 2013. La EPSA podrá solicitar a la URSEA en forma fundada, por sistema o por sector una prórroga de la fecha señalada. No obstante lo anterior, se efectuará la toma de muestras para analizar este parámetro en las condiciones que se establecen en el Anexo II, excepto para aquellos servicios donde se acredite que no se realiza desinfección a la entrada en vigencia del presente reglamento.

Artículo 11. Se podrá admitir la utilización de otro desinfectante u otra condición de operación del proceso de desinfección siempre y cuando:

- a) la EPSA demuestre que el proceso de desinfección presenta una eficiencia de inactivación microbiológica y un nivel de seguridad sanitaria en la red, equivalentes a la obtenida con las condiciones señaladas en el artículo anterior; y
- b) se cuente con la autorización de las autoridades competentes.

Artículo 12. La turbiedad del agua a la salida del tratamiento deberá cumplir con los siguientes requisitos:

	VMP
Aguas de fuente subterránea	1 N.T.U.
Aguas de fuente superficial	1 N.T.U.

Para el caso de aguas de fuente superficial o tratamientos específicos relacionados con la turbiedad del agua, se admitirá que hasta un 5 % de las muestras mensuales presenten un valor superior a 1 N.T.U. siempre y cuando: a) no más del 2 % de las mismas superen la turbiedad de 2 N.T.U., b) no más de 3 muestras consecutivas supere el valor de 2 N.T.U. y ninguna muestra supere los 5 N.T.U.

La URSEA podrá reducir o suprimir la aceptación de muestras con turbiedad superior a 1 N.T.U. si la EPSA no cumple con el número mínimo de muestras y frecuencias establecidas en la tabla 3 del Anexo II.

Artículo 13. La turbiedad del agua en la red de distribución deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) $VMP \leq 1$ N.T.U. para un mínimo del 80 % de las muestras anuales y
- b) El VMP para las muestras con valores superiores a 1 N.T.U. será de 3 N.T.U.

El requisito establecido en a) regirá a partir del 1° de enero de 2013. La EPSA podrá solicitar a la URSEA en forma fundada, por sistema o por sector una disminución del porcentaje establecido en a) por un determinado plazo.

No obstante lo anterior se indicará en los informes periódicos y anuales el número de muestras que han superado el valor de 1 N.T.U., además del número que han superado el valor 3 N.T.U.

Se aceptará un número de muestras anuales con niveles de turbiedad inferiores o igual a 5 NTU y superiores a 3 NTU según el detalle de la tabla que sigue si se cumple que: i) cuando una muestra presente un valor superior a 3 NTU e inferior o igual a 5 NTU se realicen remuestreos en el mismo punto (en días sucesivos) hasta que los resultados

obtenidos en dos muestras consecutivas no superen las 3 NTU; ii) las muestras extraídas como repetición se adicionen a las establecidas en el plan de muestreo anual.

Nº Muestras	Período Considerado	Nº muestras anuales aceptables con turbiedad ≤ 5 NTU y $> a 3$ NTU	Observaciones
1 y 4	mes	1	
≥ 5 y < 36	mes	3 %	En no más de una muestra por mes
≥ 36 y < 200	mes	3 %	En no más de dos muestras por mes
≥ 200	mes	3 %	En no más de tres muestras por mes

La URSEA podrá reducir o suprimir la tolerancia anterior si la EPSA no cumple con el número mínimo de muestras y frecuencias mínimas establecidas en la tabla 3 del Anexo II.

Artículo 14. Con el objetivo de lograr una adecuada eficiencia de remoción de enterovirus, cistos de *Giardia* spp. y ocistos de *Cryptosporidium* sp, se recomienda que el efluente de cada una de las unidades de filtración rápida presente una turbiedad menor a 0.5 N.T.U. en el 95 % de los datos mensuales y nunca valores superiores a 3 N.T.U.

Se recomienda también la inclusión de la determinación de organismos patógenos tales como enterovirus, cistos de *Giardia* spp y ocistos de *Cryptosporidium* sp., con el objetivo de alcanzar como meta su ausencia en el agua distribuida.

CAPÍTULO VI ANOMALIAS EN CIANOBACTERIAS

Artículo 15. Se considerará una anomalía de cianobacterias cuando en una EPSA se determina una abundancia de cianobacterias en el agua bruta mayor o igual a 5000 cel / ml (o el equivalente en biovolumen) o en el agua elevada de 2.000 cel/ml (o el equivalente en biovolumen) de especies potencialmente productoras de microcistinas.

ANEXO II – PLAN DE MUESTREO ANUAL - NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS Y FRECUENCIAS MÍNIMAS

Artículo 1. El número mínimo de muestras y las frecuencias mínimas de monitoreo se ajustarán a lo establecido en las tablas que siguen, las notas que acompañan a los mismos y las disposiciones del presente anexo.

Artículo 2. La URSEA podrá requerir a cada EPSA que aumente el número mínimo de las muestras y de las frecuencias mínimas. Asimismo, puede requerir el análisis de parámetros no establecidos explícitamente en este reglamento en función de la consideración de los factores de riesgo para el abastecimiento de agua a las correspondientes poblaciones.

Artículo 3. Cada EPSA podrá solicitar a la URSEA la alteración de la frecuencia mínima de determinados parámetros establecidos en este reglamento, presentando información de dos años de control de la calidad del agua, que incluya dichos parámetros y el correspondiente fundamento.

La URSEA podrá autorizar la solicitud, considerando los fundamentos presentados y la información propia de por lo menos dos años de vigilancia de la calidad del agua de los parámetros en cuestión. Excepcionalmente se podrá autorizar la solicitud aunque la URSEA no cuente con información propia para dicho parámetro.

Artículo 4. La población a considerar para las tablas de este anexo surgirá de la última información demográfica suministrada por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Artículo 5. Para estimar la población de localidades que aumentan estacionalmente en una o más épocas del año, se considerará el número de viviendas totales y se adoptará en forma fundada una densidad por vivienda en base a datos del INE y otras fuentes. Asimismo, en caso de corresponder, se tendrá en cuenta el número de camas en hoteles y otro tipo de establecimientos turísticos.

La EPSA podrá incorporar en el plan de muestreo a presentar a la URSEA, una reducción fundada del número de muestras y frecuencia en las épocas en las cuales la población es significativamente menor a la determinada.

Artículo 6. En el caso de sistemas que abastecen a un conjunto de localidades, se considerará para todo el sistema las frecuencias mínimas y el número mínimo de

muestras para la población total del mismo y para cada localidad las frecuencias mínimas y número mínimo de muestras asociadas a la población de la misma.

Artículo 7. Cuando la población abastecida y la población total presenten una diferencia significativa, la EPSA podrá considerar la población abastecida incorporando un cálculo fundado de dicha diferencia.

Artículo 8. En virtud de la complejidad de obtener muestras representativas de la red de distribución, especialmente en aquellos casos donde el número de muestras a extraer es menor, los lugares de extracción deben ser estudiados y definidos en cada caso respetando los criterios generales establecidos en el Capítulo III, del Título I, de la Sección II del presente reglamento y del Anexo III.

Artículo 9. Cuando en una muestra en la red de distribución, incluyendo depósito de distribución u otros tanques de almacenamiento, se detecte la presencia de coliformes totales o *pseudomonas aeruginosa* (en 10 mL), aún cuando dicha presencia no haya sido confirmada, se deberá a la brevedad: tomar las medidas necesarias para encontrar las causas del problema e implementar las acciones necesarias para eliminarlo. Para ello cada EPSA deberá disponer de un protocolo que contemple los distintos escenarios y situaciones, el que estará disponible de acuerdo a lo establecido en el capítulo de Registro de la Información y podrá ser solicitado por la URSEA en cualquier momento. Las medidas y acciones tomadas en cada caso así como la toma de muestras (incluyendo su desarrollo en el tiempo) estarán debidamente documentadas por escrito y su disponibilidad seguirá los mismos criterios que el protocolo. La correspondiente documentación también podrá ser solicitada por la URSEA en cualquier momento.

No bien implementadas las acciones para eliminar el problema detectado se deberán extraer nuevas muestras en el (los) punto(s) en cuestión.

La repetición de muestras se realizará hasta que las nuevas muestras cumplan con los requisitos establecidos para los parámetros en consideración. En el caso que las muestras de repetición no cumplieran con los requisitos se deben extraer muestras en puntos vecinos.

Cuando en una muestra repetición en la red de distribución, incluyendo depósito de distribución u otros tanques de almacenamiento, se detecte la presencia de coliformes

totales o *pseudomonas aeruginosa* (en 10 mL), aún cuando dicha presencia no haya sido confirmada se implementarán medidas a la brevedad (se dispondrá de un protocolo y se documentarán las acciones de la misma forma señalada anteriormente) y se extraerán nuevas muestras en días inmediatamente sucesivos.

Para las muestras en puntos vecinos se procederá como si se tratara de una primera muestra.

Tabla 1

Coliformes totales y termotolerantes

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras/mes Red de distribución	Muestras /mes usina	Frecuencias mínimas (nº de veces/mes) Red de distribución
≤1000	1	0,5	1/mes
1001 -2000	1	1	1/mes
2001 - 3500	2	1	1/mes
3501 - 5000	2	1	2/mes
5001 - 15000	2 + 1 cada/5000	2	2/mes
15001 - 50000	2 + 1 cada/5000	3	3/mes
50001 - 100000	2 + 1 cada/5000	4	4/mes
100001 – 150000	4 + 1 cada/5000	6	6/mes
150001 – 200.000	6 + 1 cada/5000	10	10/mes
200001 - 250000	8 + 1 cada/5000	12	12/mes
250001 - 1000000	8 + 1 cada/5000	16	16/mes
>1000000	8 + 1 cada/5000	24	24/mes

Muestras por perforación

Caudal (m3/h)	Muestras/mes por perforación
≤ 20	0,25
> 20	0.5

Nota 1. Para el caso de perforaciones con frecuencia de muestreo bimensual podrá admitirse por razones fundadas la toma de la muestra a la entrada de la red de distribución siempre y cuando se contemplen los siguientes aspectos:

- a) Cuatrimestralmente se tome una muestra a la salida de la perforación
- b) La población abastecida entre la salida de la perforación y la entrada de agua de la misma a la red de distribución sea inferior a 200 habitantes.
- c) En el punto de entrada de agua de la perforación a la red de distribución no ingrese el caudal de otra perforación o usina.

Nota 2. En el caso de servicios que cuenten con abastecimiento simultáneo de agua de origen superficial y subterráneo podrá reducirse, en forma fundada, el número de muestras a la salida de usina al que correspondería a la población máxima que podría abastecer la usina.

Tabla 2

Pseudomonas aeruginosa

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras/mes Red de distribución	Muestras /mes Usina	Frecuencias mínimas (nº de veces/mes) Red de distribución
	≤ 1000	0,5	0,5
1001 - 2000	0,5	0,5	bimensual
2001 – 3500	0,5	0,5	bimensual
3501 – 5000	0,5	0,5	bimensual
5001 – 10000	1 cada/5000	1	1/mes
10001 - 15000	1 cada/5000	1	2/mes
15001 - 50000	1 cada/5000	1	3/mes
50001 - 120000	1 cada/5000	2	4/mes
120001 - 250000	1 cada/5000	4	8/mes
250001 - 1000000	1 cada/5000	4	12/mes
>1000000	1 cada/5000	6	24/mes

Muestras por mes por perforación

Caudal (m3/h)	Muestras/mes por perforación
≤ 20 o población ≤ 5000 hab.	0.25
> 20 y población > 5000 hab.	0,5

Nota 1. Para el caso de perforaciones con frecuencia de muestreo bimensual podrá admitirse por razones fundadas la toma de la muestra a la entrada de la red de distribución siempre y cuando se contemplen los siguientes aspectos:

Cuatrimestralmente se tome una muestra a la salida de la perforación

La población abastecida entre la salida de la perforación y la entrada de agua de la misma a la red de distribución sea inferior a 200 habitantes.

En el punto de entrada de agua de la perforación a la red de distribución no ingrese el caudal de otra perforación o usina.

Nota 2. En el caso de servicios que cuenten con abastecimiento simultáneo de agua de origen superficial y subterráneo podrá reducirse, en forma fundada, el número de muestras a la salida de usina al que correspondería a la población máxima que podría abastecer la usina.

Tabla 3

Turbiedad

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras/mes Red de distribución	Muestras /mes usina	Frecuencias mínimas (nº de veces/mes) Red de distribución
	≤ 1000	1	cada 2 horas
1001 -2000	2	cada 2 horas	1/mes
2001 - 3500	3	cada 2 horas	1/mes
3501 – 5000	4	cada 2 horas	2/mes
5001 - 15000	4 + 1 cada/5000	cada 2 horas	2/mes
15001 - 50000	4 + 1 cada/5000	cada 2 horas	3/mes
50001 - 100000	4 + 1 cada/5000	cada 2 horas	4/mes
100001 – 150000	4 + 1 cada/5000	cada 2 horas	6/mes
150001 – 200.000	6 + 1 cada/5000	cada 2 horas	10/mes
200001 - 250000	8 + 1 cada/5000	cada 2 horas	12/mes
250001 - 1000000	8 + 1 cada/5000	cada 2 horas	16/mes
>1000000	8 + 1 cada/5000	cada 2 horas	24/mes

La frecuencia de muestreo de la turbiedad en las perforaciones será mensual.

Por razones fundadas podrá admitirse la toma de la muestra a la entrada de la red de distribución siempre y cuando se contemplen los siguientes aspectos:

- d) Cuatrimestralmente se tome una muestra a la salida de la perforación
- e) La población abastecida entre la salida de la perforación y la entrada de agua de la misma a la red de distribución sea inferior a 200 habitantes.
- f) En el punto de entrada de agua de la perforación a la red de distribución no ingrese el caudal de otra perforación o usina.

La EPSA podrá reducir la frecuencia de muestreo de la turbiedad en las perforaciones que: presenten a lo largo del tiempo niveles prácticamente constantes de dicho parámetro o que registren niveles netamente inferiores o superiores al VMP a lo largo del tiempo y con un rango de variación acotado.

La frecuencia podrá reducirse hasta 4 meses para las perforaciones con caudal inferior o igual a 20 m3/hora y hasta 2 meses para aquellas de caudal superior a 20 m3/hora.

Es requisito para efectuar dicha reducción incluir en el plan de muestreo la siguiente información:

- lista de las perforaciones en que se ha efectuado la reducción
- localidad al que pertenece cada perforación de la lista y su dirección en la misma.
- caudal de cada perforación de la lista
- rango de variación de la turbiedad de cada perforación de la lista, número de determinaciones consideradas y período de tiempo en que se han efectuado las mismas.

La Gerencia de Fiscalización de la URSEA podrá solicitar a la EPSA la revisión de la reducción realizada a partir del análisis de la información presentada.

Tabla 4

Cloro residual libre

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras/frecuencia Red de distribución	Muestras/frecuencia Perforación	Muestras/frecuencia Usina
< 1000	1/semana ⁽¹⁾	1/semana	cada 2 horas
1000 a 2000	2/semana ⁽¹⁾	1/semana	cada 2 horas
2001a 3.500	3/semana ⁽¹⁾	1/semana	cada 2 horas
3.501 a 10.000	1/día	1/semana	cada 2 horas
10.001 a 20.000	1 c/10.000 hab./día	1/semana	cada 2 horas
20.001 a 60.000	1 c/10.000 hab./día	1/día	cada 2 horas
> 60.000	3+ 1c/20.000 hab./día	1/día	cada 2 horas

⁽¹⁾ Para el caso de abastecimiento en base a fuente superficial o fuentes mixtas, las muestras en la red de distribución tendrán una frecuencia diaria.

Nota: Se determinará el parámetro cloro residual libre en todos los puntos en que se realicen determinaciones de coliformes totales y termotolerantes.

Tabla 5

Color, olor, sabor y pH

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras / mes Red de distribución (fuente subterránea)	Muestras / mes Red de distribución (fuente superficial o mixta)	Muestras / frecuencia Usina
1- 10000	1	2	pH y color: cada 2 horas Sabor y olor: 1 / día
10001 – 60000	1 cada 10.000 hab.	1 cada 5.000 hab.	pH y color: cada 2 horas Sabor y olor: 1 / día
> 60000	3 + 1 cada 20.000 hab.	9 + 1 cada 20.000 hab.	pH y color: cada 2 horas Sabor y olor: 1 / día

Nota 1: Se determinará color aparente en muestras de Usina cada 2 hs.

Nota 2: Se determinará test screening olor-sabor en muestras de Usina. (calidad olor-sabor)

Nota 3: Se determinará test screening olor en muestras de red de distribución.

Nota 4: Si se detecta por test de screening o se registran quejas de usuarios de olor-sabor extraño u objetable se confirma el ensayo por panel de olor -sabor.

Tabla 6

Cadmio

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras Red de distribución	Muestras por perforación	Muestras salida usina
<150000	(1)	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
> 150000 y hasta 1000000	(1)	1 ⁽²⁾	2 ⁽²⁾
>1000000	(1)	1 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾

(1) Este parámetro sólo se determinará en la red de distribución si se detecta en la salida de usina o perforaciones.

(2) La Gerencia de Fiscalización de la URSEA podrá aumentar la frecuencia mínima si presume su existencia en la fuente.

Tabla 7

Arsénico

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Muestras/frecuencia Red de distribución	Muestras/mes por perforación grupo A	Muestras/mes por perforación grupo B	Muestras/hora usina
(1)	1/semestral	1/anual	1/anual

Grupo A: aguas subterráneas de los departamentos de San José, Colonia, Soriano, Río Negro y Paysandú y para perforaciones que abastecen a poblaciones de más de 1000 habitantes o perforaciones con tratamiento para la remoción de arsénico.

Grupo B: Aguas subterráneas que no pertenecen al grupo A.

La EPSA podrá reducir a anual la frecuencia de muestreo en las perforaciones que: presenten a lo largo del tiempo niveles prácticamente constantes de dicho parámetro o que registren niveles netamente inferiores o superiores al VMP a lo largo del tiempo y con un rango de variación acotado.

Es requisito para efectuar dicha reducción incluir en el plan de muestreo la siguiente información:

- lista de las perforaciones en que se ha efectuado la reducción
- localidad a la que pertenece cada perforación de la lista y su dirección en la misma.
- caudal de cada perforación de la lista
- rango de variación del arsénico de cada perforación de la lista, número de determinaciones consideradas y período de tiempo en que se han efectuado las mismas.

La Gerencia de Fiscalización de la URSEA podrá solicitar a la EPSA la revisión de la reducción realizada a partir del análisis de la información presentada.

Tabla 8

Hierro

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras Red de distribución	Muestras por perforación	Muestras salida usina
< 20000	2	2	2
Entre 20000 y 50000	4	2	2
> 50000 y hasta 100000	6	2	3
>100000 y hasta 1000000	8	2	4
>1000000	24	2	8

Para aquellos sistemas en que la EPSA cuente con una correlación establecida entre hierro y turbiedad para las muestras en la red de distribución, podrá ajustar la realización de las determinaciones a lo que surja de la misma.

Es requisito para efectuar dicho ajuste incluir en el plan de muestreo la siguiente información:

- lista de localidades en la que se cuenta con la correlación señalada
- características de cada correlación presentada, fundamentación de la misma e información referente a los datos con que fue determinada.

La Gerencia de Fiscalización de la URSEA podrá solicitar a la EPSA la revisión del ajuste realizado a partir del análisis de la información presentada.

Tabla 9

Manganeso

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras Red de distribución	Muestras por perforación	Muestras salida usina
< 100000	2	2	2
Entre 100000 y 1000000	8	2	4
>1000000	24	2	8

Para aquellos sistemas en que la EPSA cuente con una correlación establecida entre manganeso y turbiedad para las muestras en la red de distribución, podrá ajustar la realización de las determinaciones a lo que surja de la misma.

Es requisito para efectuar dicho ajuste incluir en el plan de muestreo la siguiente información:

- lista de localidades en la que se cuenta con la correlación señalada
- características de cada correlación presentada, fundamentación de la misma e información referente a los datos con que fue determinada.

La Gerencia de Fiscalización de la URSEA podrá solicitar a la EPSA la revisión del ajuste realizado a partir del análisis de la información presentada.

Tabla 10

Cobre

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente subterránea)	Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente superficial o mixta)	Muestras/Perforación	Muestras/Usina
1/anual (2)	1/diaria (1)	1/anual	1/diaria (1)

(1) Siempre que se aplique en el tratamiento

(2) Si la perforación no presenta cobre no se realiza en la red.

Tabla 11

Aluminio

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras/anual Red de distribución (fuente subterránea)	Muestras/anua Red de distribución (fuente superficial o mixta)	Muestras/año por perforación	Muestras/mes usina
< 10.000	1	1*	1
10.000 a 60.000	2	1*	1
> 60.000	4	1*	1

* Dicha frecuencia regirá a partir de los 3 años de entrada en vigencia del presente reglamento.

Tabla 12

Plomo

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras/frecuencia Red de distribución	Muestras/frecuencia por perforación	Muestras/frecuencia usina
< 20000	(1)	1/anual	1/anual
20000 a 1000000	1/semestral	1/anual	1/anual
> 1000000	2/semestral	1/anual	1/semestral

Nota. Los valores de la tabla se refieren a muestras representativas del agua que circula por la red de distribución.

(1) Este parámetro se determinará en la red de distribución a razón de 1 muestra anual si se detecta en la salida de la fuente. La Gerencia de Fiscalización de la URSEA podrá determinar el requerimiento de muestrear en la red a razón de 1 muestra anual si presume su existencia en la misma.

Tabla 13

Nitratos

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente subterránea o mixta)	Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente superficial)	Muestras/mes por perforación grupo A	Muestras/mes por perforación grupo B	Muestras/hora usina
1/semestral	1/anual	1 cuatrimestral	1/semestral	1/anual

Grupo A: aguas subterráneas de los departamentos de Canelones, San José, Colonia, Soriano, Río Negro y Rivera y para perforaciones que abastecen a poblaciones de más de 1000 habitantes de perforaciones que cuentan con sistemas de tratamiento para la remoción de nitrato.

Grupo B: Aguas subterráneas que no pertenecen al grupo A.

La EPSA podrá reducir a semestral la frecuencia de muestreo en las perforaciones del grupo A (excepto las que cuentan con sistema de tratamiento para la remoción de nitratos) que: presenten a lo largo del tiempo niveles prácticamente constantes de dicho parámetro o que registren niveles netamente inferiores o superiores al VMP a lo largo del tiempo y con un rango de variación acotado.

Es requisito para efectuar dicha reducción incluir en el plan de muestreo la siguiente información:

- lista de las perforaciones en que se ha efectuado la reducción
- localidad a la que pertenece cada perforación de la lista y su dirección en la misma.
- caudal de cada perforación de la lista
- rango de variación de los nitratos de cada perforación de la lista, número de determinaciones consideradas y período de tiempo en que se han efectuado las mismas.

La Gerencia de Fiscalización de la URSEA podrá solicitar a la EPSA la revisión de la reducción realizada a partir del análisis de la información presentada.

Tabla 14

Amoniaco

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente subterránea)	Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente superficial o mixta)	Muestras/mes por perforación	Muestras/hora usina
1/semestral	1/trimestral	1/semestral	1/trimestral

Tabla 15

Cloruros, dureza, conductividad y fluor.

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente subterránea o mixto)	Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente superficial)	Muestras/mes por perforación	Muestras/hora usina
1/semestral	1/anual	1 semestral	1/anual

Nota. Cuando la conductividad presente valores superiores a 1300 $\mu\text{S cm}(-1)$ e inferiores o iguales a 2000 $\mu\text{S cm}(-1)$ a 25 ° C se determinarán sólidos totales disueltos.

Tabla 16

Trihalometanos y haloacéticos.

Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Población (nº de habitantes)	Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente superficial o mixta)	Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente subterránea)	Muestras salida usina
<10000	1/semestral	1/anual	1/trimestral
≥ 10000 y hasta 20000	1/trimestral	1/semestral	1/trimestral
>20000 y hasta 60000	1/trimestral + (1)	1/semestral	1/trimestral
> 60000	($1 + 1c/100000$ hab)/trimestral+ (1)	$1 + 1c/100000$ hab)/semestral	1/trimestral

(1) Las poblaciones de más de 20000 habitantes se tomará una muestra adicional en el trimestre enero-marzo

Nota. El número mínimo de muestras establecido para los haloacéticos regirá a partir de los 3 años de entrada en vigencia del reglamento

Tabla 17

Otros parámetros de control químico inorgánicos.
Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente subterránea)	Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente superficial)	Muestras/mes por perforación	Muestras/hora usina
(2)	(2)	1/añual	1/añual

Este parámetro sólo se determinará en la red de distribución si se detecta en la salida de usina o perforaciones o se presume su existencia en dicha red.

Tabla 18

Otros parámetros de control químico orgánicos.
Número mínimo de muestras y frecuencias mínimas

Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente subterránea)	Muestras/frecuencia Red de distribución (fuente superficial)	Muestras/mes por perforación	Muestras/hora usina
(2)	(2)	1/añual (1)	1/añual

(1) Este ítem regirá a partir de los dos años de la entrada en vigencia el reglamento con la excepción del parámetro atrazina, el que se determinará en forma anual para las perforaciones correspondientes a localidades de más de 2000 habitantes. Este requisito regirá a partir de los 6 meses de entrada en vigencia del reglamento. La EPSA podrá reducir el número de perforaciones a muestrear considerando una por cada grupo de pozos que extraigan el agua en puntos de un mismo acuífero, que puedan considerarse con similar calidad del agua, adjuntando la correspondiente fundamentación. La EPSA podrá solicitar, una vez que haya empleado el criterio de reducción señalado a la Gerencia de Fiscalización de la URSEA y en forma fundada, una disminución de la frecuencia de muestreo del parámetro en cuestión.

La Gerencia de Fiscalización de la URSEA podrá solicitar a la EPSA la revisión de la reducción realizada a partir del análisis de la información presentada.

(2) Este parámetro sólo se determinará en la red de distribución si se detecta en la salida de usina o perforaciones.

ANEXO III – DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS MUESTREO

Artículo 1. En materia del muestreo regirán, además de las disposiciones del Capítulo III, del Título I, de la Sección II del presente reglamento, las normas: UNIT-ISO 5667-3:2003, UNIT-ISO 5667-5:2006, UNIT-ISO 5667-16:1998, UNIT-ISO 19458:2006, UNIT 856:2008 y los requisitos específicos que se detallan en el presente anexo.

Artículo 2. En caso de contradicción entre las normas referidas en el punto anterior y lo establecido en el presente reglamento con sus respectivos anexos, primará este último.

Artículo 3. Para la extracción de las muestras se deberá contar con un procedimiento de muestreo que deberá contemplar, como mínimo, los siguientes puntos:

- a) identificación de la muestra;
- b) condiciones de transporte y conservación de las muestras;
- c) parámetros que serán determinados in situ y los métodos para su determinación analítica;
- d) tipo de recipiente, la preparación del mismo y el agente conservante a utilizar;
- e) instrucciones relativas a la purga, orden y forma en que se recogen las muestras para los distintos analitos;
- f) grado de llenado de recipientes;
- g) métodos para usar o verificar cualquier sensor en línea a ser utilizado; y
- h) forma de recepción de las muestras.

Artículo 4. El procedimiento de muestreo referido en el punto anterior deberá incluir el formato de la hoja de muestreo y del registro de recepción de muestras.

Artículo 5. La persona responsable del muestreo llevará un documento que contendrá, además de la información establecida anteriormente, en forma sintética, una guía para adaptar las respuestas de muestreo cuando se identifican condiciones excepcionales.

Artículo 6. La hoja de muestreo deberá incluir, como mínimo, los siguientes datos:

- a) fecha y hora del muestreo;

- b) identificación de la persona que lo realizó;
- c) condiciones meteorológicas, si éstas pueden afectar la muestra;
- d) localización del punto de muestreo;
- e) origen de la muestra (pozo, tanque o red de distribución);
- f) temperatura; y
- g) cualquier observación sobre acontecimientos excepcionales o apariencia excepcional del sitio o de las muestras.

Artículo 7. La toma de muestras que requieren purga se efectuará a un caudal uniforme durante 2 a 3 minutos. Podrá exigirse una duración mayor si así lo requieren las características de la instalación.

Artículo 8. El transporte y conservación de las muestras para análisis microbiológico cumplirá con las siguientes condiciones:

- a) las muestras se transportarán refrigeradas;
- b) se documentarán las condiciones del transporte;
- c) cuando el transporte se prolongue por más de ocho horas se realizará un seguimiento y registro de la temperatura y se documentará el procedimiento requerido para el mismo; y
- d) si la temperatura del ambiente que rodea las muestras durante el transporte supera los 10°C o el tiempo de conservación de las mismas, entendido como el tiempo entre el muestreo y el análisis, supera las veinticuatro horas, se deberán incluir los correspondientes valores de temperatura o tiempo en el informe de resultados y contemplarlo en los informes referidos en el Título III de la Sección II del presente reglamento.

Artículo 9. Para los tiempos máximos de conservación de las muestras, incluido el tiempo requerido para el transporte, y temperaturas de conservación de las mismas, se tomarán como recomendaciones las contenidas en la tabla B.1 de la norma UNIT-ISO 19458:2006.

Artículo 10. Las condiciones del transporte y conservación de las muestras para análisis físico-químico se ajustarán a lo establecido en las tablas 1 y 2 de la norma UNIT-ISO 5667-3:2003.

Artículo 11. Los recipientes que contienen muestras deberán ser protegidos, sellados y embalados de manera de que no se deterioren, ni pierdan su contenido durante el transporte, evitando cualquier contaminación externa.

Artículo 12. Los recipientes para muestreo se escogerán de forma de minimizar la contaminación de la muestra por parte de los mismos y evitar la alteración de concentraciones de constituyentes por absorción o adsorción de analitos.

Para las muestras para análisis físico-químico, deberá cumplirse, además de lo establecido en este punto, con lo estipulado en las tablas 1 y 2 de la norma UNIT-ISO 5667-3:2003 en cuanto al tipo de recipientes a utilizar para los distintos analitos excepto para los casos de: metales, trihalometanos, herbicidas ácidos y pesticidas organoclorados, organofosforados y organonitrogenados.

En el caso de metales y cuando éstos sean detectados a baja concentración, por ejemplo a nivel de traza, deberán utilizarse exclusivamente recipientes de plástico.

Para los restantes analitos mencionados arriba se debe utilizar envases de vidrio con tapón revestido de PTFE (politetrafluoroetileno).

Artículo 13. Una vez recibidas las muestras en el laboratorio se verificará si todas las muestras para análisis microbiológico y las muestras para análisis físico-químico que lo requieran, estuvieron sometidas a refrigeración durante el transporte y se determinará la temperatura del ambiente que rodea las muestras.

Deberá registrarse la hora de llegada al laboratorio y la de comienzo del análisis.

Las muestras para análisis microbiológico y las destinadas a análisis físico-químico que lo requieran se mantendrán refrigeradas desde su llegada al laboratorio.

ANEXO IV - REQUISITOS PARA LOS LABORATORIOS

Artículo 1. La EPSA podrá utilizar laboratorios propios o externos a cargo de terceros.

Los laboratorios propios pueden ser:

- a) Tipo 1 o principales, que son aquéllos que analizan la mayor cantidad de los parámetros establecidos en el plan de muestreo;
- b) Tipo 2 o secundarios, que sin analizar la mayor cantidad de los parámetros establecidos en el plan de muestreo no pertenecen a la categoría definida en el literal c); o
- c) Tipo 3 aquéllos cuya función principal dentro del plan de muestreo es la determinación de parámetros que se analizan in situ, tales como turbiedad y cloro residual, y que pueden ser fijos o móviles.

CAPÍTULO I LABORATORIOS PRINCIPALES

Artículo 2. Los laboratorios principales de cada EPSA deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Contar con un sistema de gestión de calidad certificado según norma UNIT-ISO 9001.
- b) Lograr la acreditación según norma UNIT-ISO 17025 en los siguientes parámetros: plomo, nitratos y coliformes totales y fecales en agua potable, en un plazo que no superará los 2 años desde la entrada en vigencia del presente reglamento.
- c) Contar con técnicas analíticas validadas para los distintos parámetros incluidos en el plan de muestreo, en concordancia con los lineamientos establecidos por la norma UNIT-ISO 17025. La URSEA establecerá los plazos para el cumplimiento de esta obligación, teniendo en cuenta un plan de validación de dichas técnicas, que cada EPSA presentará dentro de los 6 meses de entrada en vigencia del presente reglamento.
- d) Participar en ensayos interlaboratorios. En caso que los resultados de dichos ensayos no sean positivos, se deberán adoptar medidas para corregir el problema, documentándolas. Periódicamente la EPSA deberá presentar un plan

de ejecución de dichas intercomparaciones, debiendo presentar el primero dentro de los 6 meses de entrada en vigencia del presente reglamento.

- e) Lograr la acreditación, según norma UNIT-ISO 17025, en los restantes parámetros incluidos en el plan de muestreo. La URSEA establecerá los plazos para el cumplimiento de esta obligación, teniendo en cuenta un plan de acreditación a cinco años, que se revisará todos los años, que cada EPSA deberá presentar, dentro de los 18 meses de entrada en vigencia del presente reglamento. Dicho plan deberá contemplar el objetivo de lograr la acreditación de todas las técnicas en un período de 10 años. La URSEA podrá extender parcialmente dicho plazo en caso de surgimiento de técnicas nuevas, de modificación de las existentes o para situaciones especiales debidamente fundadas.

CAPÍTULO II LABORATORIOS SECUNDARIOS

Artículo 3. Los laboratorios secundarios de cada EPSA deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Lograr la validación de las técnicas para la determinación de coliformes totales y fecales en agua potable, en concordancia con los lineamientos establecidos por la norma UNIT-ISO 17025, en un plazo que no superará los 3 años desde la entrada en vigencia del presente reglamento.
- b) Contar con técnicas analíticas validadas para los parámetros a analizar, incluidos en el plan de muestreo, en concordancia con los lineamientos establecidos por la norma UNIT-ISO 17025. La URSEA establecerá los plazos para el cumplimiento de esta obligación, teniendo en cuenta un plan de validación de dichas técnicas, que cada EPSA presentará dentro de los 12 meses de entrada en vigencia del presente reglamento.
- c) La EPSA presentará a la URSEA una propuesta para la realización de ensayos de intercomparación con el laboratorio principal de la misma. En caso que los resultados de dichos ensayos no sean positivos, se deberán adoptar medidas para corregir el problema, documentándolas.

- d) Contar con un plan de ajuste, verificación y mantenimiento de todo el equipamiento utilizado en el laboratorio, el cual deberá ser presentado a la URSEA, cuando ésta lo solicite.
- e) Poseer, para los parámetros que se determinan in situ, procedimientos e instructivos escritos y un sistema de control de revisión de los mismos, con los debidos registros.
- f) Disponer de un sistema de gestión de calidad certificado según norma UNIT-ISO 9001 en los plazos que la URSEA determinará considerando la propuesta que a tales efectos realice cada EPSA dentro del año de entrada en vigencia del presente reglamento.

CAPÍTULO III LABORATORIOS TIPO 3

Artículo 4. Los laboratorios fijos o móviles cuya función principal dentro del plan de muestreo es la determinación de parámetros que se analizan in situ, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Contar con un plan de ajuste, verificación y mantenimiento de todo el equipamiento utilizado en el laboratorio, que la URSEA podrá solicitar a partir de los 6 meses de la entrada en vigencia del presente reglamento.
- b) La EPSA presentará a la URSEA una propuesta para la realización de intercomparaciones con el laboratorio principal o un laboratorio secundario de la EPSA. En caso que los resultados de dichos ensayos no sean positivos, se deberán adoptar medidas para corregir el problema, documentándolas.
- c) Poseer, para los parámetros que se determinan in situ, procedimientos e instructivos escritos y un sistema de control de revisión de los mismos, con los debidos registros.

CAPÍTULO IV LABORATORIOS EXTERNOS

Artículo 5. Cuando los análisis sean realizados por un laboratorio externo a cargo de terceros, el mismo deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Contar con un sistema de gestión de calidad certificado según norma UNIT-ISO 9001. La URSEA podrá admitir que no se cumpla con el requisito anterior si el laboratorio externo está acreditado según norma UNIT-ISO 17025 en algunos parámetros.

- b) Estar acreditado según norma UNIT-ISO 17025 en los siguientes parámetros: plomo, nitratos y coliformes totales y fecales en agua potable, en el caso de que se contrate la realización de alguno de estos parámetros por parte de la EPSA. La URSEA podrá admitir para el caso de coliformes totales y fecales que no se cumpla con el requisito anterior siempre y cuando: se concluya que no existe un laboratorio que lo verifique en la región y que exista un laboratorio de la EPSA, que cumpla con lo establecido en el capítulo I de este anexo, y que actúe como contraparte técnica de dichos análisis.

- c) Contar con técnicas analíticas validadas para el o los parámetros a analizar en concordancia con los lineamientos establecidos por la norma UNIT-ISO 17025.

- d) Haber participado con resultado satisfactorio en ensayos interlaboratorios para el parámetro a ser analizado.

Artículo 6. Cuando los análisis sean realizados por un laboratorio externo la URSEA podrá exigir la ampliación de los parámetros que deben tener acreditados los laboratorios externos contemplando los avances de acreditación de parámetros tanto de los laboratorios de las EPSAS como de otros laboratorios nacionales.

Artículo 7. La EPSA deberá presentar la información correspondiente a los requisitos establecidos en el punto anterior para cada laboratorio externo que realice ensayos para la misma.

Artículo 8. La URSEA podrá aceptar la acreditación de acuerdo a una norma internacional reconocida distinta a la UNIT-ISO-IEC 17025 en todos los casos en que se exija dicho requisito.

CAPÍTULO V REQUISITOS APLICABLES A TODOS LOS LABORATORIOS

Artículo 9. En el caso que la EPSA no disponga de un laboratorio para la realización de los ensayos de intercomparación y por duplicado solicitados, la URSEA determinará la forma en que se ejecutarán los mismos.

Artículo 10. Los resultados de los ensayos de intercomparación y por duplicados estarán a disposición de la URSEA para su consulta.

Artículo 11. El informe de resultados de las determinaciones realizadas por los laboratorios debe contener como mínimo la siguiente información: método de ensayo utilizado, el resultado obtenido para cada parámetro con el VMP correspondiente, tiempo transcurrido entre muestreo y análisis, cualquier información referente a la muestra o al ensayo, identificación del responsable y los valores de tiempo y/o temperatura en los casos establecidos en el Anexo III.

Artículo 12. Cada EPSA deberá incluir en el informe anual, referido en los artículos 60 a 66 del presente reglamento, una síntesis de los resultados de los ensayos interlaboratorios solicitados, un detalle de los mismos en los casos que no resultaron positivos, los avances en el proceso hacia la acreditación de los distintos parámetros y las previsiones de avance para el año siguiente.

Artículo 13. Cada EPSA deberá incluir, en los informes anuales y periódicos, referidos en los artículos 52 a 66 del presente reglamento, para cada parámetro que corresponda el porcentaje de determinaciones que han sido realizadas por los distintos laboratorios que emplea a tales efectos y una síntesis de los resultados de los ensayos por duplicado solicitados y un detalle de los mismos en los casos que no resultaron positivos.

ANEXO 7

Technical Specification

882632_6.0



Flygt SR 4410, SR 4430, SR 4460

50 HZ

1 Technical specification

1.1 Product description

Usage

Mixer intended for mixing liquid and sludge containing fibers and solids where very high thrust in relation to consumed power is wanted. The mixer is designed to be operated completely immersed in the liquid.

Denomination

Standard version	Explosion proof version
4410.011	4410.090
4430.010	4430.090
4460.010, 4460.020	4460.090

Hydraulic unit

Thin-sectioned, non-clogging, backswept propeller with double-curved blades.

- Polyurethane propeller blades on a cast-iron hub.
- 4460: Stainless steel, three-bladed propeller

Installation

- Tripod guide bar system, 100×100 mm (4×4 in), or 100×150 mm (4×6 in)

Monitoring equipment

- Thermal contacts opening temperature 125°C (257°F)
- 4460.020:
 - Thermal contacts opening temperature 140°C (284°F)
- Leakage sensor in the stator housing (FLS), optional
- Leakage sensor in the oil housing (CLS), optional. CLS is not applicable to Ex-approved products.
- 4460.020: Leakage sensors are not available.

Cables

SUBCAB® heavy-duty submersible cable

Materials

Item	Material
Gear housing	Cast iron, ASTM 35B
Stator housing	Cast iron, ASTM 35B
Oil housing	Cast iron, ASTM 35B
Shaft	Stainless steel, ASTM/AISI 431
Propeller blades	4410, 4430: Reinforced polyurethane plastic 4460: <ul style="list-style-type: none"> • Reinforced polyurethane plastic • Stainless steel EN 1.4462
Hub	4410, 4430: Cast iron, ASTM 35B 4460: <ul style="list-style-type: none"> • Cast iron, ASTM 35B • Stainless steel EN 1.4404/ASTM 316L

Item	Material
Lifting device	Stainless steel, ASTM 316L
Stand unit	Stainless steel, ASTM 316L
Oil, oil housing	Paraffin oil ISO VG32
Oil, gear housing	<ul style="list-style-type: none"> Mineral oil with additives, viscosity close to ISO VG 220 4460 optional configuration up to 60°C (140°F): Mineral oil with additives, viscosity close to ISO VG 680
O-rings	Nitrile rubber

Surface treatment

Two-component top coating on primer.

- Standard version
- Optional corrosion resistant version
- Optional MBBR wear resistant version

Color: Navy Gray on cast iron parts.

Shaft seals

Inner seals	Outer seal
Lip seals	Corrosion resistant cemented carbide (WCCR) / WCCR

Options and accessories

- Installation systems
- Lifting equipment
- Special cables
- Zinc anodes
- Electrical equipment such as control panels, monitoring equipment, variable frequency drives

Dimensions and weight

See the dimensional drawing.

1.2 Application limits

Data	Description
Liquid temperature	Maximum 40°C (104°F) 4460: Optional configuration up to 60°C (140°F)
Liquid viscosity	Maximum 5000 cp
pH of the mixed liquid	6-11
Depth of immersion	Maximum 20 m (65 ft)

1.3 Motor data

Feature	Description
Motor type	4410: Squirrel-cage 4- or 6-pole induction motor 4430: Squirrel-cage 2- or 4-pole induction motor 4460: Squirrel-cage 2- or 4-pole induction motor
Frequency	50 Hz
Supply	3-phase
Starting method	<ul style="list-style-type: none"> • Direct on-line • Star-delta • Variable Frequency Drive (VFD)

Feature	Description
Maximum starts per hour	30 evenly-spaced starts per hour
Voltage variation	<ul style="list-style-type: none"> Continuously running: Maximum $\pm 5\%$ Intermittently running: Maximum $\pm 10\%$
Voltage imbalance between the phases	Maximum of 2%
Stator insulation class	H (180°C [356°F])

Motor encapsulation

Motor encapsulation is in accordance with IP68.

1.4 Motor Rating

Table 1: 400V, 50 Hz, 3-phase

Product	Propeller diameter, maximum mm	Rotations per minute, rpm	Poles	Rated Power, kW	Rated Current, A	Starting Current, A	Power factor $\cos\phi$
4410	2500	1385	4	2.3	5.5	24	0.82
4410	2500	930	6	0.9	2.7	10	0.67
4430	2500	1420	4	4.3	9.1	38	0.84
4430	1600	2875	2	4.4	8.5	65	0.92
4460.010/090	2500	1455	4	5.7	12	78	0.84
4460.010/090	1300	2900	2	7.5	14	116	0.91
4460.020	1300	2930	2	12.0	22	213	0.86

1.5 Thrust data

Performance measurement standard

Performance according to ISO 21630:2007.

SR 4410

Table 2: 4-pole 3-phase, 2.3 kW, 2-bladed propeller (1 of 2)

Speed, rpm	Diameter: 1.4 m			Diameter: 1.5 m			Diameter: 1.6 m			Diameter: 1.7 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
26	410	0.70	447	510	0.77	446	620	0.84	445	720	0.90	444
28	470	0.79	407	590	0.87	406	710	0.95	405	830	1.04	404
30	550	0.92	457	700	1.03	456	840	1.14	455	980	1.24	454
32	640	1.05	417	800	1.19	416	960	1.32	415	1110	1.45	414
35	760	1.28	467	960	1.46	466	1150	1.64	465	1330	1.82	464
39	940	1.64	427	1170	1.90	426	1400	2.15	425	1610	2.40	424
41	1020	1.82	477	1270	2.11	476	1510	2.40	475	-	-	-
46	1240	2.39	437	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 3: 4-pole 3-phase, 2.3 kW, 2-bladed propeller (2 of 2)

Speed, rpm	Diameter: 1.8 m			Diameter: 2.0 m			Diameter: 2.2 m			Diameter: 2.5 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
26	820	0.97	443	1050	1.11	442	1330	1.30	441	1690	1.42	440
28	940	1.12	403	1200	1.35	402	1510	1.53	401	1890	1.65	400

Speed, rpm	Diameter: 1.8 m			Diameter: 2.0 m			Diameter: 2.2 m			Diameter: 2.5 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
30	1110	1.35	453	1410	1.64	452	1760	1.87	451	2160	1.99	450
32	1260	1.59	413	1610	1.94	412	1980	2.22	411	2400	2.33	410
35	1500	1.99	463	1900	2.46	462	-	-	-	-	-	-

Table 4: 6-pole 3-phase, 0.9 kW, 2-bladed propeller (1 of 2)

Speed, rpm	Diameter: 1.4 m			Diameter: 1.5 m			Diameter: 1.6 m			Diameter: 1.7 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
17	180	0.37	647	230	0.39	646	280	0.41	645	320	0.43	644
19	210	0.40	607	260	0.42	606	320	0.45	605	370	0.48	604
20	250	0.44	657	310	0.48	656	380	0.51	655	440	0.54	654
22	280	0.49	617	360	0.53	616	430	0.57	615	500	0.61	614
24	340	0.56	667	430	0.62	666	520	0.67	665	600	0.73	664
26	420	0.69	627	530	0.76	626	640	0.84	625	740	0.91	624

Table 5: 6-pole 3-phase, 0.9 kW, 2-bladed propeller (2 of 2)

Speed, rpm	Diameter: 1.8 m			Diameter: 2.0 m			Diameter: 2.2 m			Diameter: 2.5 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
17	370	0.45	643	470	0.51	642	600	0.55	641	810	0.61	640
19	420	0.50	603	540	0.57	602	680	0.62	601	920	0.70	600
20	500	0.57	653	630	0.67	652	800	0.73	651	1060	0.82	650
22	570	0.65	613	720	0.77	612	910	0.85	611	1190	0.95	610
24	680	0.78	663	860	0.93	662	1080	1.05	661	1390	1.16	660
26	830	0.99	623	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SR 4430

Table 6: 4-pole 3-phase, 4.3 kW, 2-bladed propeller (1 of 2)

Speed, rpm	Diameter: 1.4 m			Diameter: 1.5 m			Diameter: 1.6 m			Diameter: 1.7 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
26	410	0.68	447	520	0.75	446	630	0.82	445	740	0.89	444
28	480	0.77	407	600	0.85	406	730	0.94	405	850	1.02	404
31	570	0.90	457	720	1.01	456	860	1.12	455	1010	1.23	454
33	650	1.03	417	820	1.17	416	990	1.31	415	1160	1.44	414
36	790	1.26	467	990	1.45	466	1200	1.63	465	1400	1.81	464
40	980	1.63	427	1240	1.89	426	1490	2.15	425	1730	2.40	424
42	1070	1.81	477	1350	2.10	476	1620	2.40	475	1880	2.69	474
47	1330	2.40	437	1670	2.81	436	2000	3.22	435	2320	3.63	434

Table 7: 4-pole 3-phase, 4.3 kW, 2-bladed propeller (2 of 2)

Speed, rpm	Diameter: 1.8 m			Diameter: 2.0 m			Diameter: 2.2 m			Diameter: 2.5 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
26	840	0.95	443	1080	1.14	442	1370	1.29	441	1740	1.40	440
28	970	1.10	403	1250	1.33	402	1570	1.52	401	1970	1.63	400
31	1150	1.34	453	1480	1.63	452	1850	1.86	451	2270	1.97	450
33	1320	1.58	413	1700	1.94	412	2110	2.21	411	2550	2.31	410
36	1590	1.99	463	2040	2.46	462	2510	2.81	461	2960	2.86	460
40	1970	2.65	423	2530	3.31	422	3060	3.76	421	3500	3.68	420
42	2140	2.98	473	2740	3.73	472	3300	4.21	471	3720	4.06	470
47	2630	4.04	433	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 8: 2-pole 3-phase, 4.4 kW, 2-bladed propeller

Speed, rpm	Diameter: 1.4 m			Diameter: 1.5 m			Diameter: 1.6 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
52	1590	3.20	247	2000	3.75	246	2400	4.30	245
55	1820	3.83	207	-	-	-	-	-	-

SR 4460

Table 9: 4-pole 3-phase, 5.7 kW, 2-bladed propeller (1 of 2)

Speed, rpm	Diameter: 1.7 m			Diameter: 1.8 m			Diameter: 2.0 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
36	1420	2.09	464	1620	2.27	463	2090	2.74	462
41	1770	2.68	424	2020	2.93	423	2610	3.59	422
42	1930	2.97	474	2210	3.26	473	2850	4.01	472
47	2410	3.91	434	2740	4.32	433	3530	5.38	432

Table 10: 4-pole 3-phase, 5.7 kW, 2-bladed propeller (2 of 2)

Speed, rpm	Diameter: 2.2 m			Diameter: 2.5 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
36	2580	3.09	461	3030	3.12	460
41	3170	4.03	421	3600	3.93	420
42	3440	4.48	471	3850	4.30	470
47	4200	5.92	431	4500	5.38	430

Table 11: 2-pole 3-phase, 7.5 kW, 3-bladed stainless steel propeller

Speed, rpm	Diameter: 1.25 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
69	2860	8.6	-

Table 12: 2-pole 3-phase, 12 kW, 3-bladed stainless steel propeller

Speed, rpm	Diameter: 1.25 m		
	F _{thrust} N	P _{in} kW	Prop. code
80	3650	11.7	-

Table 13: 2-pole 3-phase, 12 kW, 3-bladed stainless steel propeller

Speed, rpm	Diameter: 1.0 m		
	F_{thrust} N	P_{in} kW	Prop. code
96	2800	10.1	-

Xylem |'zīləm|

- 1) The tissue in plants that brings water upward from the roots;
- 2) a leading global water technology company.

We're a global team unified in a common purpose: creating advanced technology solutions to the world's water challenges. Developing new technologies that will improve the way water is used, conserved, and re-used in the future is central to our work. Our products and services move, treat, analyze, monitor and return water to the environment, in public utility, industrial, residential and commercial building services settings. Xylem also provides a leading portfolio of smart metering, network technologies and advanced analytics solutions for water, electric and gas utilities. In more than 150 countries, we have strong, long-standing relationships with customers who know us for our powerful combination of leading product brands and applications expertise with a strong focus on developing comprehensive, sustainable solutions.

For more information on how Xylem can help you, go to www.xylem.com



Xylem Water Solutions Global
Services AB
361 80 Emmaboda
Sweden
Tel: +46-471-24 70 00
Fax: +46-471-24 74 01
<http://tpi.xylem.com>
[www.xylemwatersolutions.com/
contacts/](http://www.xylemwatersolutions.com/contacts/)

Visit our Web site for the latest version of this document
and more information

The original instruction is in English. All non-English
instructions are translations of the original instruction.

© 2012 Xylem Inc

ANEXO 8

NP 3231/605 3~ 680

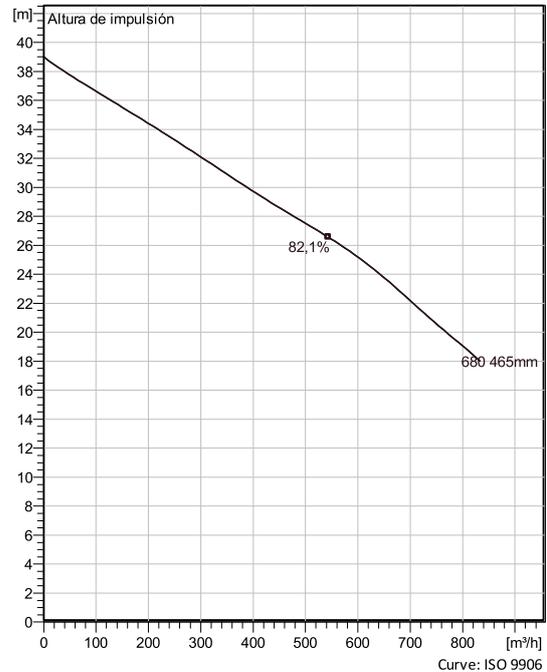
Sistema de autolimpieza del impulsor de canal semiabierto, ideal para bombes de aguas residuales. Con posibilidad de añadir el sistema guide-pin para mejor la resistencia de posibles atascos. Un modulo basado en un diseño que permite la adaptación.



Especificación técnica



Curves according to: Agua, limpia ,4 °C,999,9 kg/m³,1,569 mm²/s



Configuración

Motor number N0605.000 35-29-6AA-W 58KW	Tipo de instalación P - Semipermanente, húmeda
Impeller diameter 465 mm	Discharge diameter 200 mm

Pump information

Impeller diameter 465 mm
Discharge diameter 200 mm
Inlet diameter 250 mm
Maximum operating speed 980 rpm
Number of blades 3
Temp. máx. fluido 40 °C

Materials

Rodete Grey cast iron

Proyecto
Bloque 0

Creado por Martin Vaccarezza
Creado el 4/8/2021 **Ultima actualiz** 4/8/2021

NP 3231/605 3~ 680

Especificación técnica



Motor - General

Motor number N0605.000 35-29-6AA-W 58KW	Fases 3~	Velocidad nominal 980 rpm	Potencia nominal 58 kW
Aprobación No	Nº de polos 6	Corriente nominal 118 A	Variante de estator 1
Frecuencia 50 Hz	Tensión nominal 400 V	Clase de aislamiento H	Type of Duty
Version code 000			

Motor - Technical

Factor de potencia - 1/1 Load 0,78	Rendimiento del motor - 1/1 Load 90,0 %	Total moment of inertia 1,65 kg m ²	Máx. arranques / h 0
Factor de potencia - 3/4 Load 0,73	Rendimiento del motor - 3/4 Load 91,0 %	Corriente arranque, arranque directo 660 A	
Factor de potencia - 1/2 Load 0,62	Rendimiento del motor - 1/2 Load 90,5 %	Corriente arranque, arranque estrella-triángulo 220 A	

Proyecto

Bloque 0

Creado por Martin Vaccarezza

Creado el 4/8/2021 Última actualización 4/8/2021

NP 3231/605 3~ 680

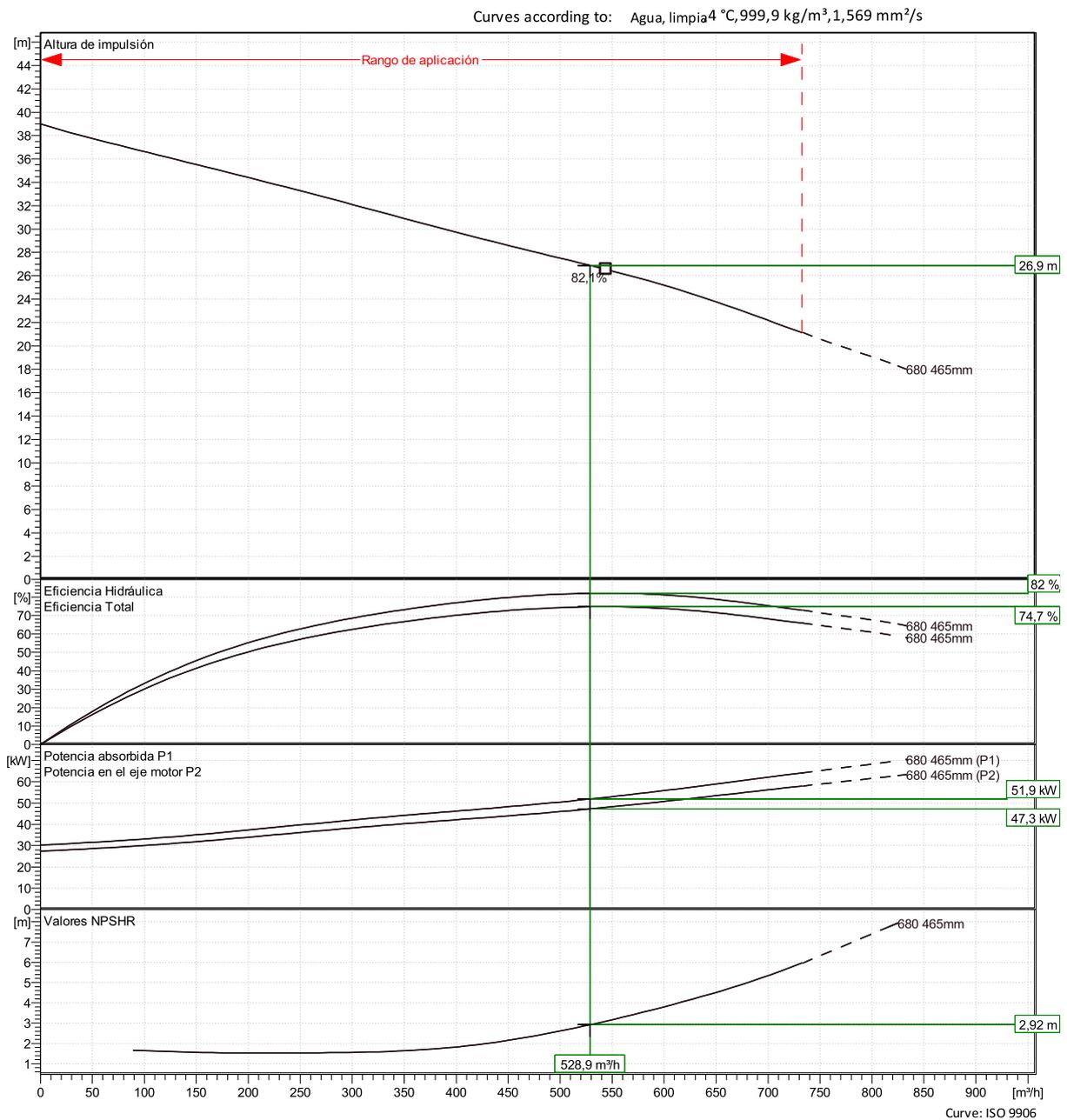
Performance curve



Punto de funcionamiento

Caudal
529 m³/h

Altura impulsión
26,9 m



Proyecto

Bloque 0

Creado por

Martin Vaccarezza

Creado el

4/8/2021

Ultima actualizaci3n

4/8/2021

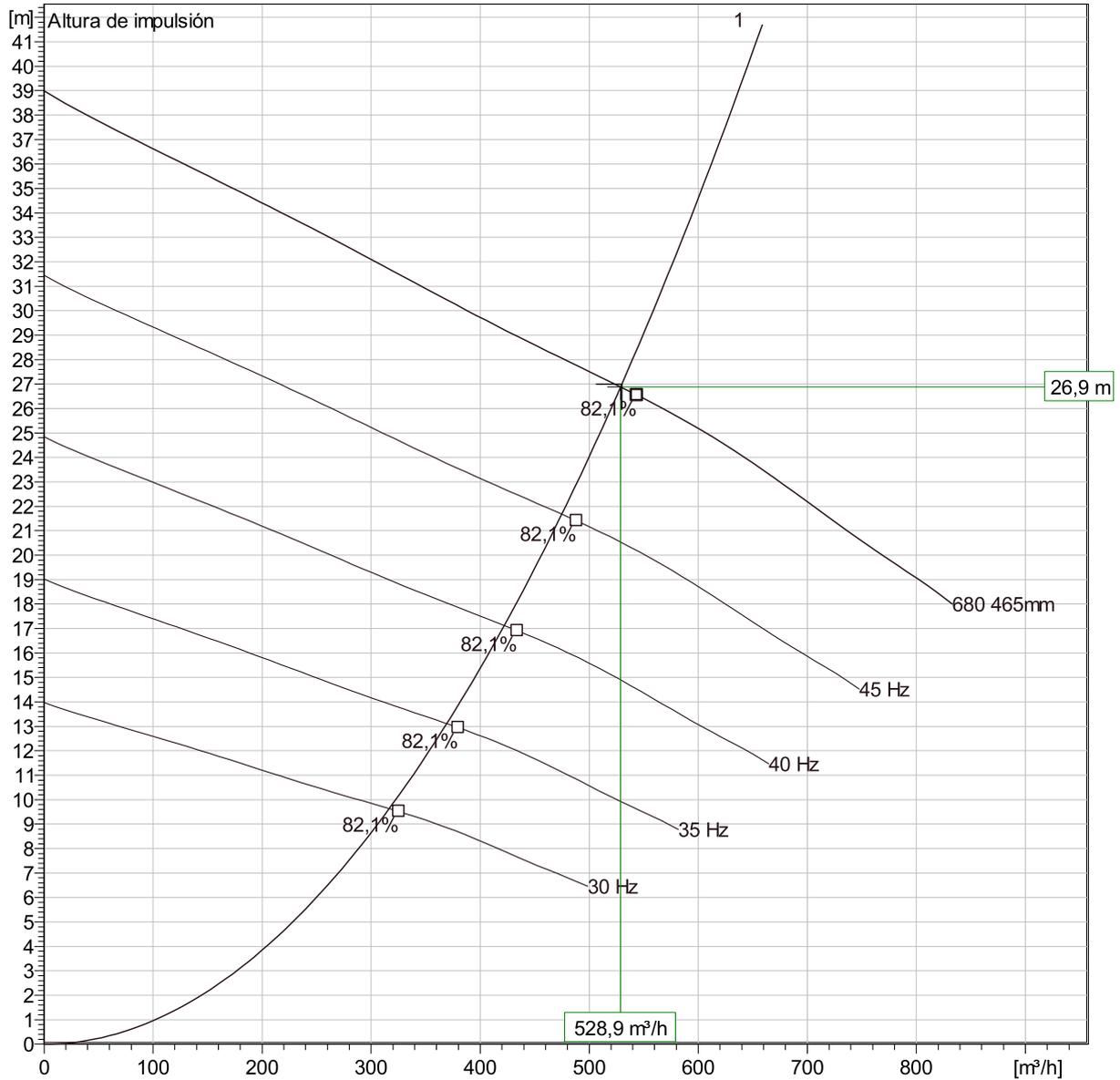
Curve: ISO 9906

NP 3231/605 3~ 680

Duty Analysis



Curves according to: Agua, limpia, 4 °C, 999,9 kg/m³, 1,569 mm²/s



Operating characteristics

Pumps / Systems	Caudal	Altura de impulsión	Potencia absorbida	Caudal	Altura de impulsión	Potencia absorbida	Rend. hidr.	Especificar energía	NPSHre
1	529 m ³ /h	26,9 m	47,3 kW	529 m ³ /h	26,9 m	47,3 kW	82 %	0,0982 kWh/rr	2,92 m

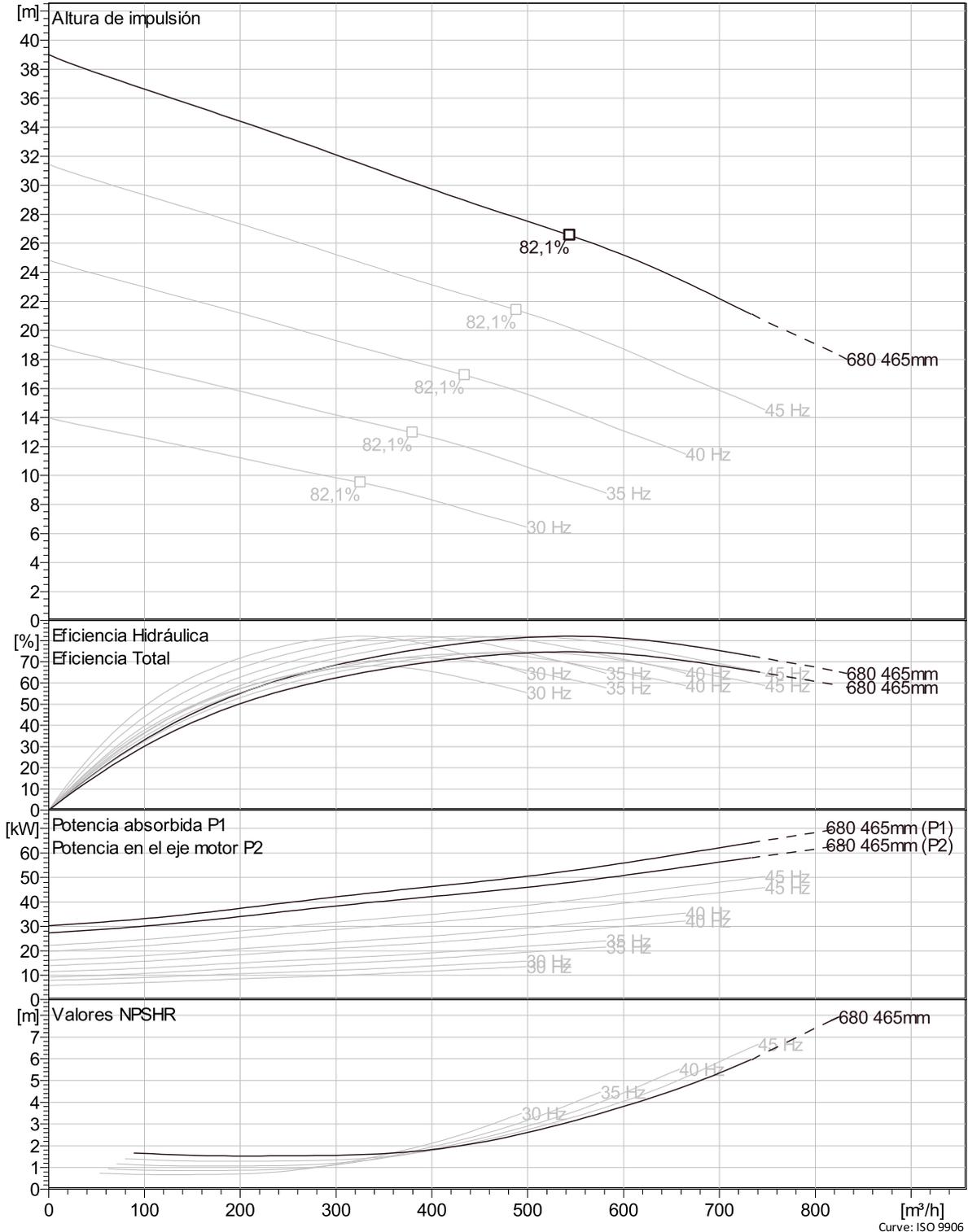
Proyecto		Creado por	Martin Vaccarezza
Bloque	0	Creado el	4/8/2021
		Ultima actualiz	4/8/2021

NP 3231/605 3~ 680

VFD Curve



Curves according to: Agua, limpia, 4 °C, 999,9 kg/m³, 1,569 mm²/s

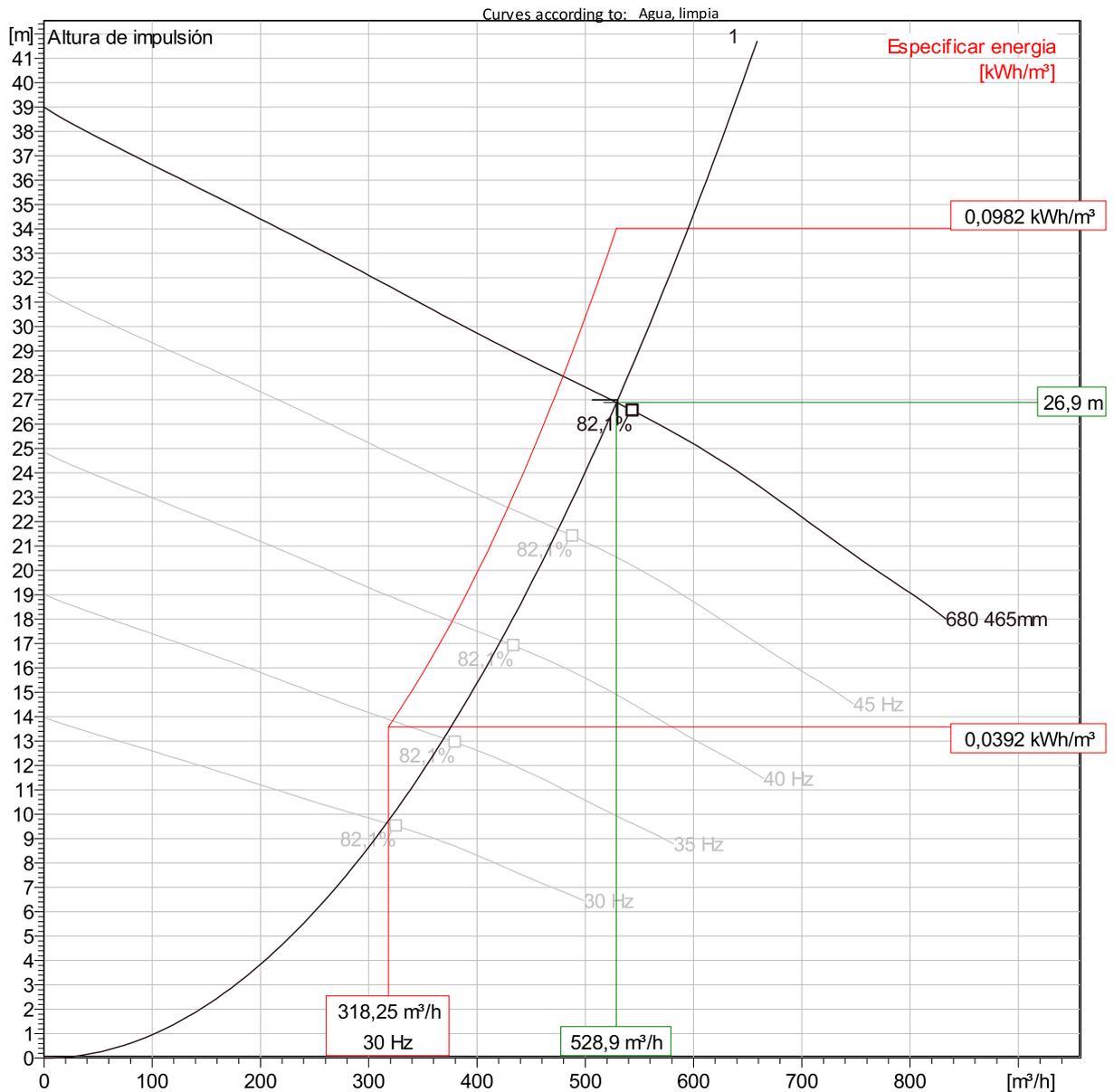


Proyecto		Creado por	Martin Vaccarezza
Bloque	0	Creado el	4/8/2021
		Ultima actualizaci	4/8/2021

Curve: ISO 9906

NP 3231/605 3~ 680

VFD Analysis



Operating characteristics

Pumps / Systems	Frecuencia	Caudal	Altura de impulsión	Potencia absorbida	Caudal	Altura de impulsión	Potencia absorbida	Rend. hidr.	Especificar energía	NPSHre
1	50 Hz	529 m³/h	26,9 m	47,3 kW	529 m³/h	26,9 m	47,3 kW	82 %	0,0982 kWh/r	2,92 m
1	45 Hz	477 m³/h	21,9 m	34,8 kW	477 m³/h	21,9 m	34,8 kW	82 %	0,08 kWh/m	2,48 m
1	40 Hz	424 m³/h	17,3 m	24,4 kW	424 m³/h	17,3 m	24,4 kW	82 %	0,0639 kWh/r	2,06 m
1	35 Hz	371 m³/h	13,3 m	16,4 kW	371 m³/h	13,3 m	16,4 kW	82 %	0,0503 kWh/r	1,66 m
1	30 Hz	318 m³/h	9,74 m	10,3 kW	318 m³/h	9,74 m	10,3 kW	82 %	0,0392 kWh/r	1,3 m

Proyecto

Creado por

Martin Vaccarezza

Bloque

0

Creado el

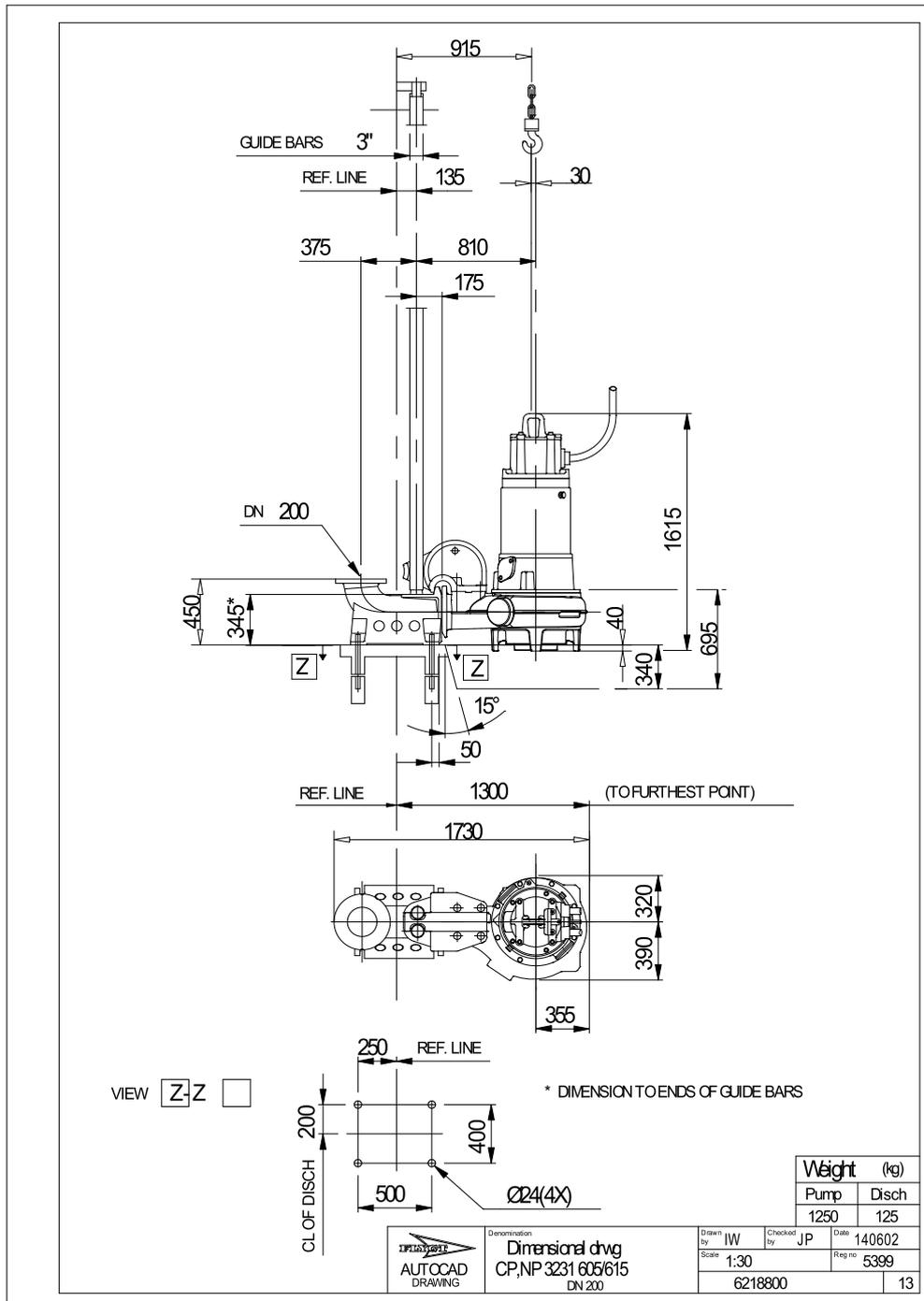
4/8/2021

Ultima actualizaci3n

4/8/2021

NP 3231/605 3~ 680

Dimensional drawing



Proyecto

Bloque 0

Creado por Martin Vaccarezza

Creado el 4/8/2021 Ultima actualizaci3n 16/7/2021

ANEXO 9

teknaEVO

bombas dosificadoras



La **EVOLUCIÓN** de las bombas dosificadoras

Ingenio

Sólo 4 modelos, sólo PVDF, todas las funciones en una sola bomba



- **4 modelos** que cubren desde 1 a 60 l/h con contrapresiones de hasta 20 bar
- **1 carcasa** que permite tener sistemas preensamblados y adaptar la bomba posteriormente con la confirmación del caudal a dosificar
- **Reducción de inventario**
- **Reducción de recambios en stock**

EVO



Compatibilidad

Cabezal en PVDF y bolas en cerámica como estándar



- El **PVDF** es compatible con todos los productos utilizados en industria y tratamiento de aguas residuales y potables
- El uso de **bolas cerámicas** como estándar mejora la fiabilidad de la dosificación y la compatibilidad química de toda la parte hidráulica de la bomba

EVO

Total compatibilidad química

Fiabilidad

Membrana de larga duración con 5 años de funcionamiento testado



El diseño especial y el proceso de fabricación permiten a nuestra membrana tener duraciones únicas

Fabricada en **PTFE**, la membrana es compatible con la gran mayoría de los productos químicos

La membrana ha sido testado durante un período superior a 5 años dando resultados superiores

La rutina de mantenimiento de la membrana no será necesaria en el futuro

EVO Reducción del mantenimiento
Total compatibilidad química

Estabilidad de dosificación



Stabilized Multi Power Supply
100-240 Vac 50/60 Hz con
reducción de consumo

Reducción del consumo debido a que la bomba sólo requiere el consumo requerido para activar la bomba en las condiciones de trabajo

EVO Características de dosificación estable: las fluctuaciones de la alimentación no afectan a la bomba con lo que se mejora la eficiencia

Reducción de inventario

Programación intuitiva

Un nuevo concepto de menú de programación



El menú de programación es autoexplicativo y disponible en 5 idiomas

Cuando una función es seleccionada la bomba sólo muestra los parámetros a introducir para dicha función.

EVO Reducción del tiempo de programación

Versión Analógica

teknaEVO AKL



Dosificación constante

Bomba analógica con caudal constante ajustable manualmente mediante potenciómetro en el panel frontal. Dos frecuencias de dosificación (0-20% o 0-100%), led indicador de funcionamiento



teknaEVO APG



Dosificación proporcional

Bomba analógica con caudal constante ajustable manualmente. Dosificación proporcional a una señal externa analógica (4-20 mA) o digital (p.ej. de contador).

- Potenciómetro (porcentaje de dosificación en modo constante y valor "n" en modo multiplicador)
- Interruptor de 6 posiciones:
 - 3 en modo divisor (1, 4, 10 = n)
 - 1 en modo multiplicador (n = 1)
 - 1 en modo proporcional 4:20 mA
 - 1 para funcionamiento constante
- Funciones ajustables mediante microinterruptores



teknaEVO ATL



Dosificación temporizada

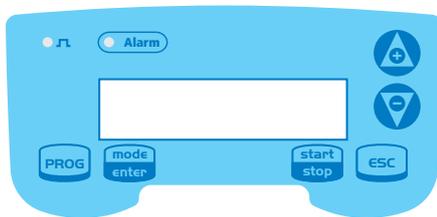
Bomba analógica con caudal constante ajustable manualmente. Tiempo de dosificación y de paro ajustable (T-on T-off).

- Tres potenciómetros: porcentaje de caudal, regulación T-on y regulación T-off



Versión Digital

teknaEVO TPG



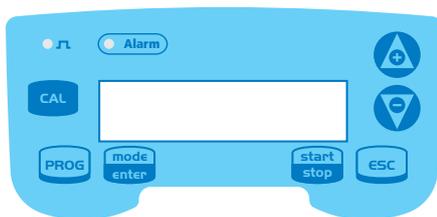
Dosificación proporcional

Bomba digital con caudal constante ajustable manualmente. Dosificación proporcional a una señal externa analógica (4-20 mA) o digital (p.ej. de contador)

Esta versión digital del modelo APG, incluye características adicionales: función temporizada, dosificación en ppm, estadísticas, clave de acceso y entrada On/Off (para activación remota)



teknaEVO TPR



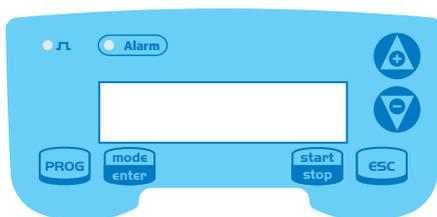
Dosificación proporcional

Bomba digital con controlador pH/Redox incorporado.

- Interfaz digital con dosificación constante o proporcional, dependiendo de la medida del pH o del Redox
- Entrada para sonda de temperatura tipo PT100 para compensación
- Relé de repetición de alarma
- Entrada On-Off para activación remota
- Salida 4-20 mA para transmisión de la medida



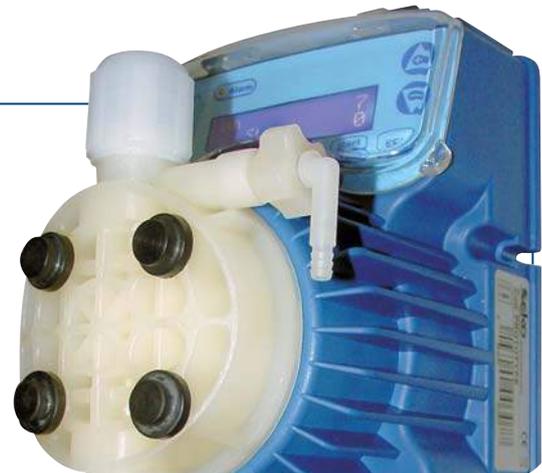
teknaEVO TCK



Dosificación temporizada

Bomba digital con caudal constante ajustable manualmente o temporizado.

- Relé temporizado programable



Codificación

			Versión
Código	Interfaz	Descripción	
AKL	Analógico	Bomba dosificadora analógica con caudal constante ajustable manualmente	
APG		Bomba dosificadora analógica con caudal constante ajustable manualmente o dosificación proporcional a una señal analógica (4-20 mA) o digital (contador)	
ATL		Bomba dosificadora analógica con caudal constante ajustable manualmente o dosificación temporizada con tiempos T-on y T-off	
TPG	Digital	Bomba dosificadora digital con caudal constante ajustable manualmente o dosificación proporcional a una señal analógica (4-20 mA) o digital (contador)	
TPR		Bomba dosificadora digital con instrumento de pH/Redox incorporado	
TCK		Bomba dosificadora digital con caudal constante o temporizado	

						Modelo
Código	Presión [bar]	Caudal [lt/h]	Frecuencia máx. [imp/min]	Capacidad por impulso [cc/imp]	Conexiones IN/OUT [mm]	Consumo [W]
600	20	2,5	120	0,35	4 / 6 suc. 4 / 7 dis.	12,0
	18	3		0,41		
603	12	4	160	0,42	4 / 6	12,2
	10	5		0,52		
	8	6		0,63		
	2	8		0,83		
800	12	7	320	0,36	4 / 6	23,9
	10	10		0,52		
	5	15		0,78		
	1	18		0,94		
803	5	20	300	1,11	8 / 12	22,2
	4	25		1,39		
	2	40		2,22		
	1	54		3		

			Alimentación
Código			
N	100 ÷ 240 Vac		50-60 Hz
O	24 ÷ 48 Vac (sólo en versiones AKL y APG)		

					Material del cabezal
Código	Cabezal	Conexiones	Esferas	Membrana	
H		PVDF	Cerámicas	PTFE	

		Accesorios
Código		Material
P		PVC
H		PVDF

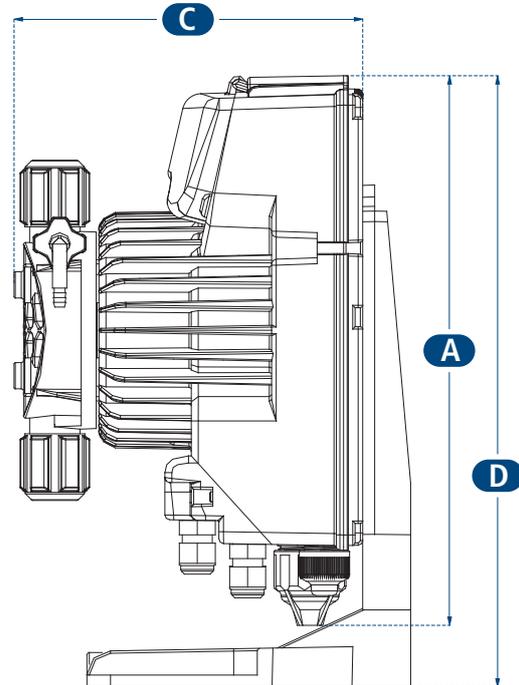
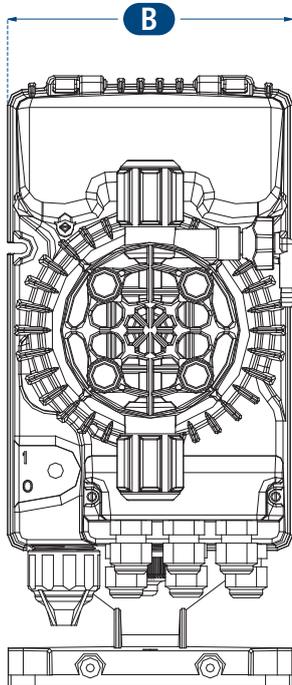
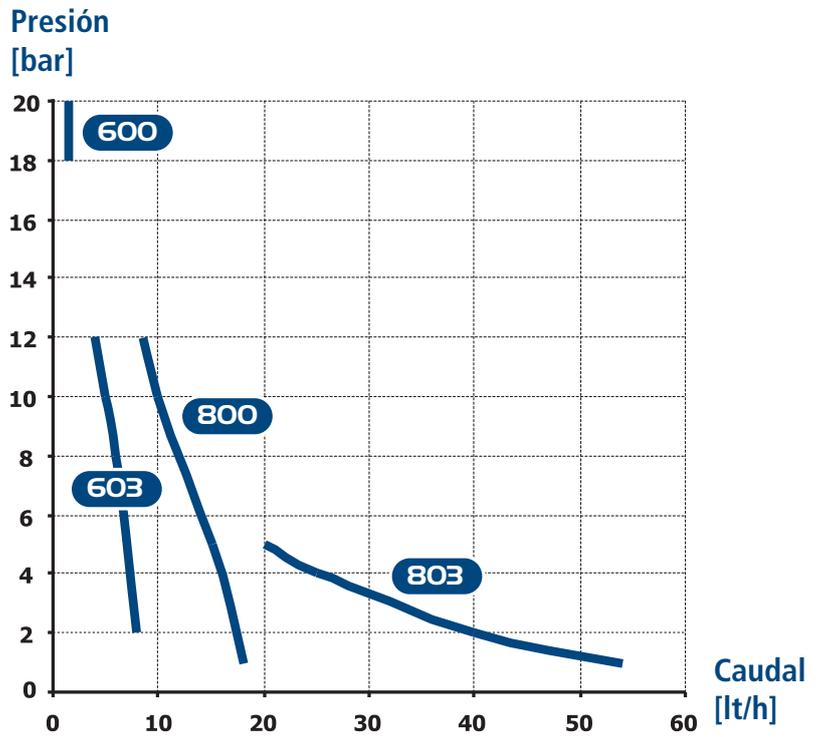
		Juntas
Código		Material
0		FPM
1		EPDM

		Opciones
Código		Descripción
000		Standard

AKL | 603 | N | H | P | O | 000

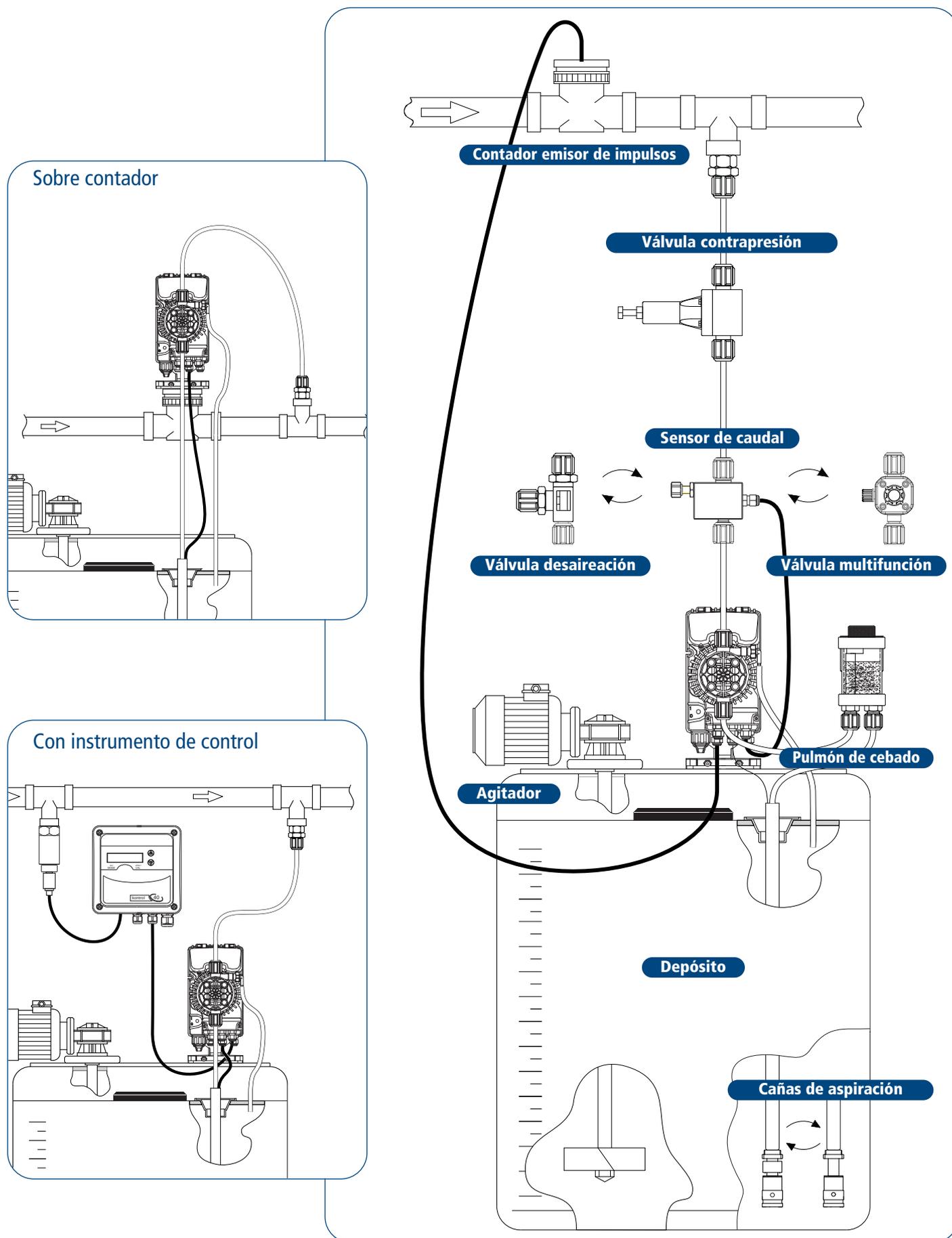
Características técnicas – Curvas de caudal y dimensiones

- Carcasa en PP reforzado con fibra de vidrio
- Protección IP65
- Membrana en PTFE
- Entrada para sonda de nivel
- Válvula de cebado
- Kit de instalación estándar compuesto por: pie de soporte, filtro de pie y racor de inyección, tubos de aspiración e impulsión en PVC y PE respectivamente



Modelo	A (alto) [mm]	B (ancho) [mm]	C (prof.) [mm]	D (alto máx.) [mm]
600	231	119	145	257
603				
800				
803			149	

Instalación típica



Accesorios Contadores emisores de impulsos

Contadores roscados

Los contadores que ofrecemos tienen alta precisión y sensibilidad de acuerdo con los requerimientos estándar de la CEE.

Las partes metálicas y plásticas, especialmente aquellos que están en contacto con el agua, cumplen las normativas y están sujetos a numerosas comprobaciones y controles.

Serie CB CB4 4 imp/Lt CB1 1 imp/Lt

- Contador de chorro único
- Esfera húmeda
- Totalizador
- Agua fría hasta 30°C
- Conexiones hasta 2" (50 mm)

Serie CN CN4 4 imp/Lt CN1 1 imp/Lt

- Contador de chorro único
- Esfera húmeda
- Totalizador
- Agua fría hasta 30°C
- Conexiones hasta 1 1/2" (40 mm)
- Para montaje de bomba dosificadora encima

Serie HB HB4 4 imp/Lt HB1 1 imp/Lt

- Contador de chorro único
- Esfera húmeda
- Totalizador
- Agua caliente hasta 90 °C
- Conexiones hasta 1 1/2" (40 mm)

Serie RBF

- Contador de chorro único
- Esfera húmeda
- Totalizador
- Agua fría hasta 30°C
- Conexiones hasta 1 1/2" (40 mm)

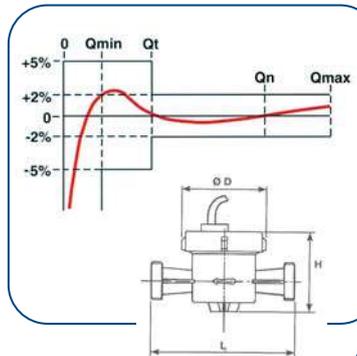


Serie DR DR1 1 imp/Lt

- Contador de chorro único
- Esfera seca
- Roller reading
- Agua fría hasta 30°C
- Conexiones hasta 2" (50 mm)



Tamaño	DN		13	20	25	30	40	50
	Pulgadas		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
Datos hidráulicos	Caudal máx. (periodo corto)	Qmax m³/Lt	3	5	7	10	20	30
	Caudal nominal	Qn m³/Lt	1.5	2.5	3.5	5	10	15
	Caudal min (precisión ±5%)	Qmin m³/Lt	30	500	70	100	200	450
	Caudal transición (precisión ±2%)	Qt m³/Lt	120	200	280	400	800	3000
	Lectura máxima	m³	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Datos dimensionales	Longitud sin racores	L mm	110	130	160	160	200	300
	Longitud con racores	mm	190	228	260	280	340	472
	Anchura	D1 mm	80	80	110	100	110	152
	Altura	H mm	90	90	120	120	130	200

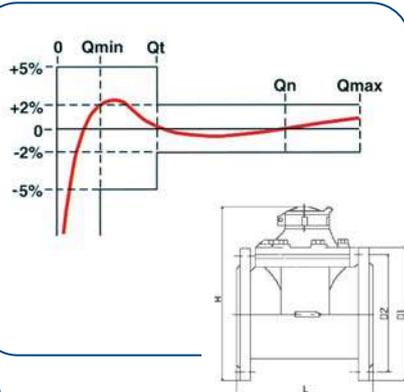


Contadores embridados

Serie **Woltmann**

Contadores con totalizador para agua fría hasta 30°C

	WE 25	WE 50	WE 100	WE 250	WE 500	WE 1000
l/imp	25	50	100	250	500	1000
Conexiones DN (mm)	50	50	50	-	-	-
	65	65	65	-	-	-
	80	80	80	-	-	-
	100	100	-	-	-	-
	-	-	-	150	150	150



Tamaño	DN		50	65	80	100	150
	Pulgadas		2	2 1/2	3	4	6
Datos hidráulicos	Caudal máx. (periodo corto)	Qmax m³/Lt	30	50	80	120	300
	Caudal con 0.1 bar de pérdida de carga	m³/Lt	20	55	65	120	300
	Caudal nominal	Qn m³/Lt	15	25	40	60	150
	Caudal min (precisión ±5%)	Qmin m³/Lt	1.2	3	3.2	4.8	12
	Caudal transición (precisión ±2%)	Qt m³/Lt	4.5	7.5	12	18	45
	Lectura máxima	m³	10000	10000	10000	10000	10000
Datos dimensionales	Longitud	L mm	200	200	200	250	300
	Anchura	D1 mm	165	185	200	220	285
	Altura	H mm	247	258	265	272	302
	Agujeros en brida	Ø mm	18	18	18	18	22
		Nº	4	4	4	8	8
	D2 mm	125	145	160	180	240	

Accesorios Depósitos • Agitadores • Cañas aspiración...

Depósitos en Polietileno

Nuestros depósitos están diseñados para montar sistemas de dosificación con agitadores, bombas a motor y bombas electromagnéticas. Están fabricados en polietileno apto para alimentaria y son compatibles con la mayoría de productos químicos a dosificar.



Modelos y características técnicas

Depósito Modelo	Capacidad (Lt)	Altura (cm)	Diámetro (cm)
SER 50	50	45,5	40
SER 100	100	64	46
SER 250	250	87	59,5
SER 300	300	95	67
SER 500	500	118,5	76
SER 1000	1000	122	108,5

Refuerzos

Refuerzos para depósitos fabricados en PVC (grosor 20 mm) para ser utilizados con bombas a motor, agitadores o bombas electromagnéticas sobre los depósitos de la serie SER.

Modelos

Código	Depósito
SML 100	SER 100
SML 250	SER 250
SML 300	SER 300
SML 500	SER 500
SML 1000	SER 1000



Agitadores

Agitadores eléctricos trifásicos (monofásicos bajo pedido) y montaje a través de brida. Para agitadores de la serie SER.

Agitadores lentos [70 rpm]



Agitadores rápidos [1400 rpm]



Características técnicas

Material	Longitud eje (mm)	Diámetro hélice (mm)		Motor (kW)	Modelo SER
		Lento (70 rpm)	Rápido (1400 rpm)		
PVC AISI 316	600	150	90	0,13	100
	800				250
	900	300			
	1100	500/1000			

Depósitos descubiertos en Polietileno

Diseñados para contener nuestros depósitos de la serie SER.



Modelos y características técnicas

Código	Depósito Modelo	Capacidad (Lt)	Altura (cm)	Diámetro (cm)
T150	SER 100	150	75,5	51
T300	SER 250	300	87,5	67
T400	SER 300	400	99	72
T800	SER 500	800	120	90
T1500	SER 1000	1500	134	122

Cañas de aspiración

Se suministra un filtro de aspiración para proteger las válvulas de la bomba de partículas que puedan obstruirlas.

Las cañas de aspiración pueden ser suministradas también con sistemas integrados para el control de nivel. Estos sistemas permiten el uso de alarmas y protegen la dosificadora de la dosificación en seco.

- Fáciles de instalar
- Juntas en FPM como estándar (EPDM bajo pedido)
- Fabricadas en PVC con tubo de aspiración en PVC traslúcido
- Todas las cañas de aspiración se suministran con filtro de pie
- Todas las cañas de aspiración se suministran con válvulas antiretorno

Características técnicas

Dimensiones (mm) Longitud x diam.	Tubo		Para depósito
	4x6	8x12	
450 x 22	●		SER 50
450 x 34		●	
650 x 22	●		SER 100
650 x 34		●	
900 x 22	●		SER 250
900 x 34		●	
1050 x 22	●		SER 300
1050 x 34		●	
1250 x 22	●		SER 500/1000
1250 x 34		●	



Sin sonda de nivel

Con sonda de nivel

Accesorios Válvulas • Sensores • Pulmones de cebado

Válvulas ajustables serie HY

Material	PVC
Caudal máx.	50 lt/h
Presión máx.	10 bar
Conexiones	1/2" g.m., tubo 8x12, tubo 4x6
Juntas	FPM (estándar) o EPDM (bajo pedido)
T° máx. del líquido	35 °C



Válvulas de contrapresión HYC



Multiválvulas HYM



Válvulas de seguridad HYS

Válvulas de inyección

Material	PVC
Caudal máx.	50 lt/h
Conexiones entrada	1/2" g.m., tubo 8x12, tubo 4x6
Conexiones salida	1/2" g.m.
Presión máx.	10 bar
Juntas	FPM (estándar) o EPDM (bajo pedido)
T° máx. del líquido	35 °C



Válvula de desaireación

La entrada de aire en el interior del cabezal pone en peligro el correcto funcionamiento de la bomba dosificadora.

La válvula de desaireación es útil para eliminar automáticamente el aire que se genera en el interior del cabezal. La instalación se realiza directamente en el racor de inyección del cabezal de la bomba.



Características técnicas

Max temperature of liquid 40° C

Materiales		Conexiones IN/OUT [mm]
Cuerpo Válvula	Membrana	
PVC	FPM - PTFE	4/6
		8/12
PVDF	FPM - PTFE	4/6
		8/12

Válvula multifunción



La válvula multifunción actúa como válvula de contrapresión, válvula antisifón, válvula de seguridad, válvula de cebado y como válvula de vaciado de la línea de impulsión (para mantenimiento). La instalación se realiza directamente en el racor de inyección del cabezal de la bomba.

Características técnicas

Válvula de seguridad con selección de presión 6⁽¹⁾ - 12 bar
Válvula de contrapresión con presión 1.5 bar
Temperatura máxima del líquido 40°C

⁽¹⁾ el tipo 6 bar se suministra con conexiones para tubo 8x12

Materiales		Conexiones IN/OUT [mm]
Cuerpo Válvula	Membrana	
PVC	PTFE	4/6 ⁽¹⁾
PVDF		

Válvulas de contrapresión ajustables serie ST

La precisión de las bombas dosificadoras se ve afectada por fluctuaciones de presión en la aspiración, especialmente entre 0 y 1 bar.

Las válvulas de contrapresión mantienen una presión constante en la línea de impulsión durante la dosificación. Además, dosificando con contrapresión se evita el efecto sifón.



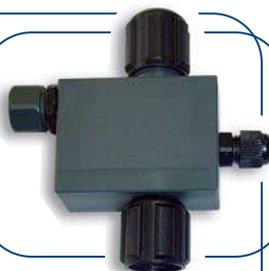
Características técnicas

Máx. presión 10 bar
Min. presión 0.5 bar
Máx. caudal 500 lt/h

Materiales			Conexiones IN/OUT [mm]
Cuerpo Válvula	Membrana	Juntas	
PVC	PTFE	FPM	4/6 - 8/12
		EPDM	
PVDF	PTFE	FPM	3/4" DIN8063

Sensor de caudal

Para asegurar la fase de dosificación, el sensor de caudal puede ser usado para detectar las inyecciones de la bomba en la fase de dosificación y por tanto el sensor puede ser utilizado para determinar el caudal de dosificación. La instalación se realiza directamente en el racor de inyección del cabezal de la bomba.



Materiales	
Cuerpo Válvula	Juntas
PVC	FPM

Características técnicas

Máx. presión 10 bar
Máx. temperatura del líquido 40° C

Pulmón de cebado

Los problemas de cebado pueden ocurrir cuando se dosifican caudales muy bajos o cuando la altura de aspiración es excesiva en relación con la capacidad de la bomba. Este accesorio es útil para resolver estos problemas. Se instala a la misma altura que la válvula de aspiración y a una corta distancia de la bomba.



Características técnicas

Temperatura máxima del líquido 40°C

Materiales		Conexiones IN/OUT [mm]	Modelo
Cuerpo Válvula	Juntas		
PVC	FPM	4/6 - 8/12	300 ml

ANEXO 10

MOTOR DRIVEN DOSING PUMPS
SPRING SERIES



Plunger piston Metering pumps

PS1 Series

PS1 pumps are plunger piston metering pumps featuring a spring return mechanism in an aluminium housing.

FEATURES

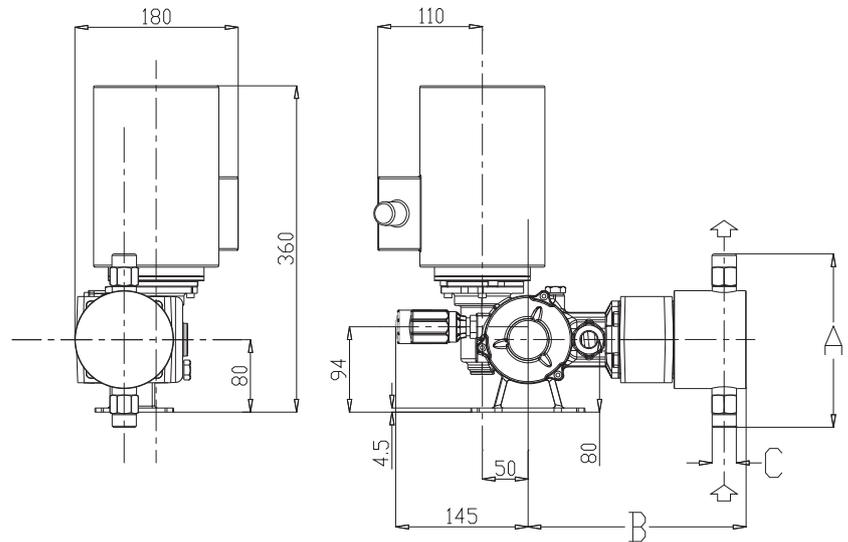
Capacity:	from 1,5 to 304 L/h
Max pressure:	20 BAR
Stroke rate:	58 • 78 • 116 strokes/minute
Piston diameter:	from 6 to 64 mm
Motor:	standard 0,18 and 0,25 Kw (IP 55)
Stroke length:	15 mm



MODEL	PISTON DIAMETER	Strokes/min	FLOW RATE (l/h)	MAX PRESSURE				CONNECTIONS		3phases Motor (kw)
				bar		psi		SS 316	PVC	
				SS 316	PVC	SS 316	PVC			
PS1D006A	6	58	1,5	20	10	290	145	1/4 g f	1/4 g f	0,18
PS1D006B		78	2							
PS1D006C		116	3							
PS1D011A	11	58	5	20	10	290	145	1/4 g f	1/4 g f	0,18
PS1D011B		78	6,5							
PS1D011C		116	10							
PS1D017A	17	58	11	20	10	290	145	3/8 g f	3/8 g f	0,18
PS1D017B		78	15							
PS1D017C		116	22							
PS1D025A	25	58	25	20	10	290	145	3/8 g f	3/8 g f	0,18
PS1D025B		78	32							
PS1D025C		116	50							
PS1D030A	30	58	35	20	10	290	145	3/8 g f	3/8 g f	0,25
PS1D030B		78	45							
PS1D030C		116	70							
PS1D038A	38	58	55	17	10	246,5	145	3/8 g f	3/8 g f	0,25
PS1D038B		78	73							
PS1D038C		116	110							
PS1D048A	48	58	85	10	10	145	145	1/2 g f	1/2 g f	0,25
PS1D048B		78	114							
PS1D048C		116	170							
PS1D054A	54	58	110	8	8	116	116	1/2 g f	1/2 g f	0,25
PS1D054B		78	145							
PS1D054C		116	220							
PS1D064A	64	58	152	6	4	87	58	3/4 g f	3/4 g f	0,25
PS1D064B		78	204							
PS1D064C		116	304							

Piston diameter	SS 316 L			
	A	B	C	T
6	120	210	1/4 g.f.	68
11	120	210	1/4 g.f.	68
17	120	210	3/8 g.f.	68
25	120	215	3/8 g.f.	68
30	120	215	3/8 g.f.	68
38	160	227	3/8 g.f.	88
48	160	227	1/2 g.f.	88
54	173	229	1/2 g.f.	108
64	202	238	3/4 g.f.	108

Piston diameter	PVC			
	A	B	C	T
6	157	216	1/4 g.f.	80
11	157	216	1/4 g.f.	80
17	147	216	3/8 g.f.	80
25	147	225	3/8 g.f.	80
30	147	225	3/8 g.f.	80
38	168	235	3/8 g.f.	100
48	196	240	1/2 g.f.	100
54	216	240	1/2 g.f.	120
64	222	250	3/4 g.f.	120



PUMP HEAD MATERIALS

	STANDARD		ON REQUEST	
	21	31	24	34
PUMP HEAD	SS 316	PVC	SS 316	PVC
PISTON	SS 316	Ceramic	Ceramic	Ceramic
PISTON SEAL	FPM	FPM	EPDM	EPDM
VALVES	SS 316	Ceramic	SS 316	Ceramic
VALVE SEATS	SS 316	PVC	SS 316	PVC

LIQUID END

SS 316 or PVC pump head (standard).

SS 316 OR CERAMIC PISTON

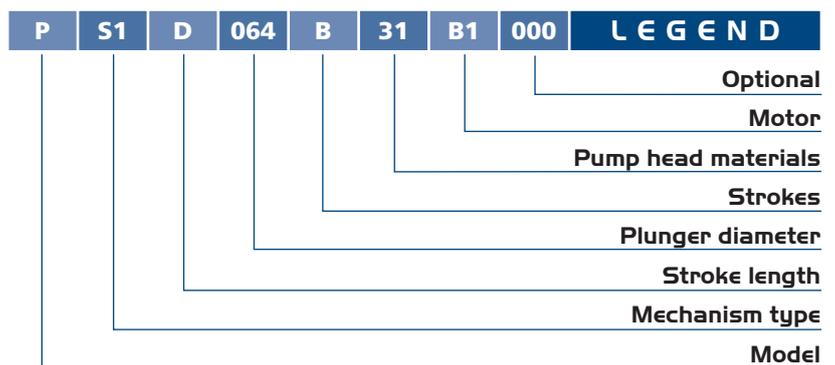
The material in contact with the liquid to be dosed are listed in the "pump head materials" table (special materials may be supplied on request).

MAX DOSAGE TEMPERATURE

- SS 316 pump head: 90° C
- PVC pump head: 40° C

FLOW RATE ADJUSTMENT

Every pump can be equipped with an electric actuator which accepts a 4-20 mA.



Plunger piston Metering pumps

PS2 Series

PS2 pumps are plunger piston metering pumps featuring a spring return mechanism in an aluminium housing.

FEATURES

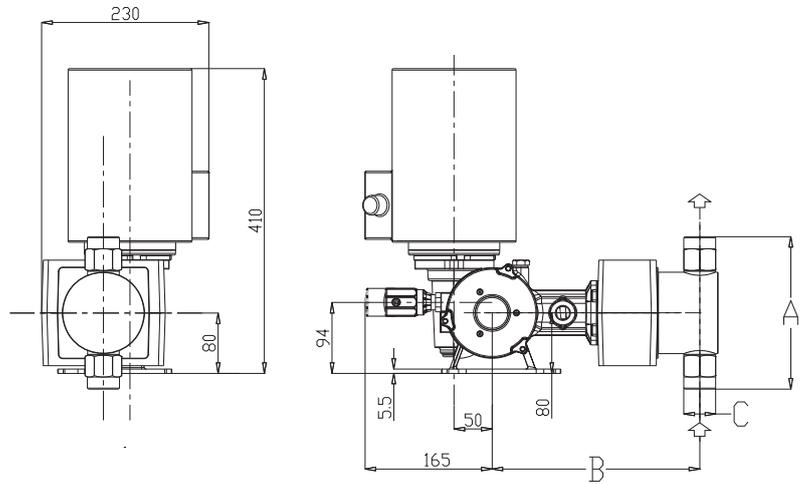
Capacity:	from 40 to 1000 L/h
Max pressure:	20 BAR
Stroke rate:	58 • 78 • 116 strokes/minute
Piston diameter:	from 25 to 89 mm
Motor:	standard 0,25 • 0,37 • 0,55 • 0,75 Kw (IP 55)
Stroke length:	25 mm



MODEL	PISTON DIAMETER	Strokes/min	FLOW RATE (l/h)	MAX PRESSURE				CONNECTIONS		3phases Motor (kw)
				bar		psi		SS 316	PVC	
				SS 316	PVC	SS 316	PVC			
PS2E025A	25	58	40	20	10	290	145	3/8 g f	3/8 g f	0,25
PS2E025B		78	53							
PS2E025C		116	80							
PS2E030A	30	58	55	20	10	290	145	3/8 g f	3/8 g f	0,25
PS2E030B		78	75							
PS2E030C		116	112							
PS2E038A	38	58	90	20	10	290	145	1/2 g f	3/8 g f	0,37
PS2E038B		78	120							
PS2E038C		116	180							
PS2E048A	48	58	140	20	10	290	145	1/2 g f	1/2 g f	0,55
PS2E048B		78	190							
PS2E048C		116	284							
PS2E054A	54	58	180	15	10	217,5	145	1/2 g f	1/2 g f	0,55
PS2E054B		78	242							
PS2E054C		116	365							
PS2E064A	64	58	250	10	10	145	145	3/4 g f	3/4 g f	0,75
PS2E064B		78	335							
PS2E064C		116	505							
PS2E076A	76	58	365	7	7	101,5	101,5	1 g f	1 g f	0,75
PS2E076B		78	485							
PS2E076C		116	730							
PS2E089A	89	58	495	5	5	72,5	72,5	1 g f	1 g f	0,75
PS2E089B		78	660							
PS2E089C		116	1000							

Piston diameter	SS 316 L			
	A	B	C	T
25	120	258	3/8 g.f.	68
30	120	258	3/8 g.f.	68
38	160	268	1/2 g.f.	88
48	160	268	1/2 g.f.	88
54	173	268	1/2 g.f.	108
64	202	273	3/4 g.f.	108
76	238	288	1" g.f.	138
89	252	288	1" g.f.	150

Piston diameter	PVC			
	A	B	C	T
25	147	258	3/8 g.f.	80
30	147	258	3/8 g.f.	80
38	168	268	3/8 g.f.	100
48	196	268	1/2 g.f.	100
54	216	268	1/2 g.f.	120
64	222	273	3/4 g.f.	120
76	244	288	1" g.f.	148
89	256	288	1" g.f.	160



PUMP HEAD MATERIALS

	STANDARD		ON REQUEST	
	21	31	24	34
PUMP HEAD	SS 316	PVC	SS 316	PVC
PISTON	SS 316	Ceramic	Ceramic	Ceramic
PISTON SEAL	FPM	FPM	EPDM	EPDM
VALVES	SS 316	Ceramic	SS 316	Ceramic
VALVE SEATS	SS 316	PVC	SS 316	PVC

LIQUID END

SS 316 or PVC pump head (standard).

SS 316 OR CERAMIC PISTON

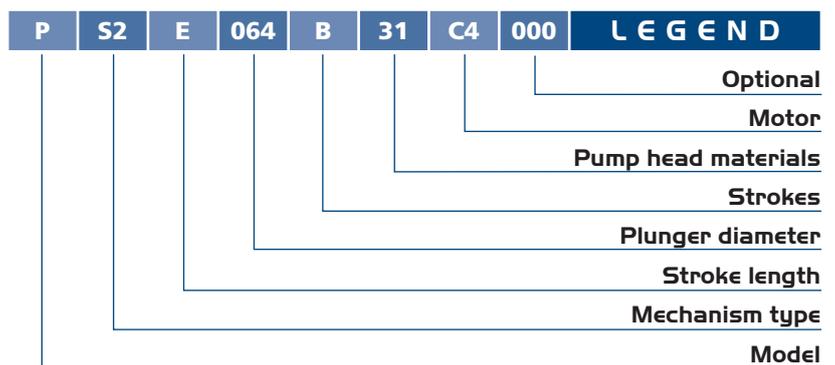
The material in contact with the liquid to be dosed are listed in the "pump head materials" table (special materials may be supplied on request).

MAX DOSAGE TEMPERATURE

- SS 316 pump head: 90° C
- PVC pump head: 40° C

FLOW RATE ADJUSTMENT

Every pump can be equipped with an electric actuator which accepts a 4-20 mA.



Mechanical Diaphragm Metering Pumps

MS1 Series

MS1 pumps are mechanical diaphragm metering pumps featuring a spring return mechanism in an aluminium housing.

FEATURES

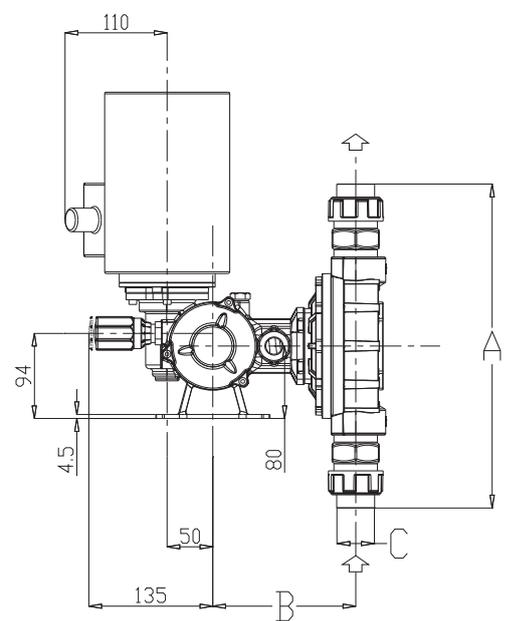
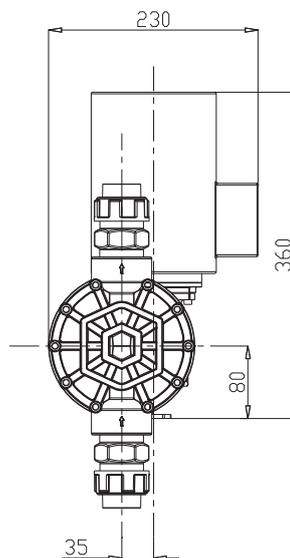
Capacity:	from 5,5 to 460 L/h
Max pressure:	10 BAR
Stroke rate:	58 • 78 • 116 strokes/minute
Diaphragm diameter:	from 64 to 165 mm
Motor:	standard 0,18 • 0,25 • 0,37 Kw (IP 55)
Stroke length:	2 mm • 4 mm • 6 mm



MODEL	DIAPHRAGM DIAMETER	STROKE LENGTH (mm)	STROKES/min	FLOW RATE (l/h)	MAX PRESSURE				CONNECTIONS		3phases Motor (kw)
					bar		psi		SS 316	PP	
					SS 316	PP	SS 316	PP			
MS1A064A	64	2	58	5,5	10	10	145	145	1/4 g f	1/4 g f	0,18
MS1A064B			78	8							
MS1A064C			116	11							
MS1A094A	94	2	58	20	10	10	145	145	3/8 g f	3/8 g f	0,25
MS1A094B			78	26							
MS1A094C			116	40							
MS1B108A	108	4	58	60	10	10	145	145	3/8 g f	3/8 g f	0,37
MS1B108B			78	80							
MS1B108C			116	120							
MS1C138A	138	6	58	155	7	7	101,5	101,5	3/4 g f	3/4 g f	0,37
MS1C138B			78	220							
MS1C138C			116	310					1" g f	1" g f	
MS1C165A	165	6	58	230	5	5	72,5	72,5	1" g f	1" g f	0,37
MS1C165B			78	330							
MS1C165C			116	500	3	3	43,5	43,5			

Diaphragm diameter	PP			
	A	B	C	T
64	208	149	1/4" g.f.	98
94	236	144	3/8" g.f.	117
108	248	144	3/8" g.f.	131
138	347	158	3/4 g.f.	160
			1" g.f.	
165	377	160	1" g.f.	193

Diaphragm diameter	SS 316 L			
	A	B	C	T
64	150	144	1/4" g.f.	98
94	172	146	3/8" g.f.	120
108	212	146	3/8" g.f.	140
138	258	157	3/4 g.f.	170
			1" g.f.	
165	296	157	1" g.f.	190



PUMP HEAD MATERIALS

	STANDARD		ON REQUEST	
	21	51	31	41
PUMP HEAD	SS 316	PP	PVC	PVDF
DIAPHRAGM	PTFE	PTFE	PTFE	PTFE
VALVES	SS 316	Ceramic	Ceramic	Ceramic
VALVE SEATS	SS 316	PVC	PVC	PVDF

LIQUID END

SS 316 or PP liquid end (standard).

PTFE DIAPHRAGM

The material in contact with the liquid to be dosed are listed in the "pump head materials" table (special materials may be supplied on request).

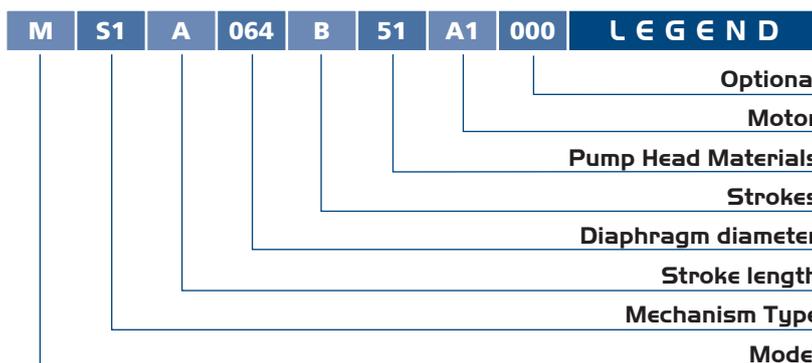
MAX DOSAGE TEMPERATURE

- SS 316 pump head: 40° C

- PP pump head: 40° C

FLOW RATE ADJUSTMENT

Every pump can be equipped with an electric actuator which accepts a 4-20 mA.



Mechanical Diaphragm Metering Pumps

MSO Series

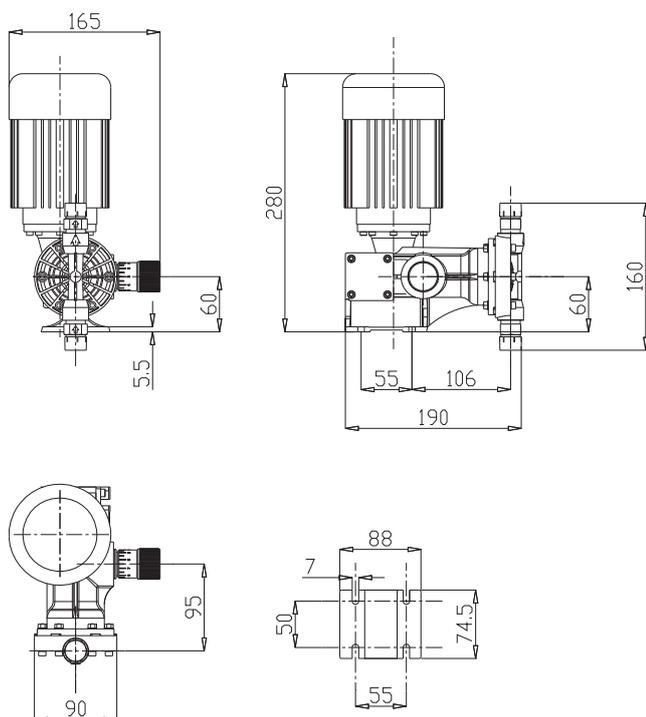
MSO pumps are mechanical diaphragm metering pumps featuring a spring return mechanism in a plastic housing.

FEATURES

Capacity:	from 17 to 47 l/h
Max pressure:	5 bar
Stroke rate:	41 • 58 • 82 • 116 strokes/minute
Diaphragm diameter:	50 mm
Motor:	standard 0,09 kw (IP55)
Stroke length:	2 mm



MODEL	DIAPHRAGM DIAMETER	STROKES/min	FLOW RATE (l/h)	MAX PRESSURE		CONNECTIONS		3phases Motor (kw)
				bar	psi	SS 316	PP	
MSOF050E	50	41	15	5	72,5	1/2 g m	3/4 g m	0,09
MSOF050A		58	20					
MSOF050F		82	30					
MSOF050C		116	42					



M	SO	F	050	A	51	F4	000	LEGEND
								Optional Motor
								Pump Head Materials
								Strokes
								Diaphragm diameter
								Stroke length
								Mechanism Type
								Model

PUMP HEAD MATERIALS

	STANDARD		ON REQUEST
	21	51	31
PUMP HEAD	SS 316	PP	PVC
DIAPHRAGM	PTFE	PTFE	PTFE
VALVES	SS 316	CERAMIC	CERAMIC
VALVE SEATS	SS 316	PVC	PVC

ACCESSORIES

Adjustable safety valves (SS316/PTFE)



MODEL	Flow rate l/h	Pressure (bar)		Connections BSP	CODE
		min	max		
VS1S	250	0	19	1/2" F	VS1S250019
		20	45		VS1S250045
		46	150		VS1S250150
VS2S	650	0	13	3/4" F	VS2S650013
		14	30		VS2S650030
		31	100		VS2S650100

Adjustable safety valves



MODEL (material)	Flow rate l/h	Pressure (bar)		Connections BSP	CODE
		min	max		
PRM-S (SS316)	300	0	5	3/8" F	PRM1S03005
	800			3/4" F	PRM2S08005
	1500			1" F	PRM3S15005
PRM-P (PVC)	300	0	5	3/8" F	PRM1P03005
	800			3/4" F	PRM2P08005
	1500			1" F	PRM3P15005

"Y" Suction filters



MODEL (material)	Connections BSP	CODE
FYP PVC	3/8" F	FYP3240200
	1/2" F	FYP3230040
	3/4" F	FYP3230060
	1" F	FYP3230080
FYS (SS316)	3/8" F	FYS3240098
	1/2" F	FYS3240100
	3/4" F	FYS3240110
	1" F	FYS3240120

ACCESSORIES

Backpressure valves (SS316)



MODEL	Flow rate l/h	Pressure (bar)	Connections BSP	CODE
VZX-S-02	50	2	1/4" M	VZX1S00502
	100		1/4" F	VZX3S01002
	200		3/8" F	VZX4S02002
	420		1/2" F	VZX5S04202
	800		3/4" F	VZX6S08002
	1650		1" F	VZX7S16502

Adjustable Backpressure valves



MODEL (material)	Flow rate l/h	Pressure (bar)		Connections BSP	CODE
		min	max		
VSM-S (SS316)	300	0	5	3/8" F	VSM1S03005
	800			3/4" F	VSM2S08005
	1500			1" F	VSM3S15005
VSM-P (PVC)	300	0	5	3/8" F	VSM1P03005
	800			3/4" F	VSM2P08005
	1500			1" F	VSM3P15005

Pulsation bag HTR series



Capacity (L)	Pressure (bar)	Material		Connections BSP	CODE
		Body	Diaphragm		
0,1	230	SS316	NBR	3/8" BSP F	HTRS010N23
0,35				1/2" BSP F	HTRS035N23
0,5					HTRS050N23
0,8					HTRS080N23
1,5					3/4" BSP F
2,3				HTRS230N23	

ACCESSORIES

Pulsation bag HST series



Capacity (L)	Pressure (bar)	Material		Connections BSP	CODE
		Body	Diaphragm		
0,04	10	PVC	FPM	3/8" F	HSTP004V01
0,1					HSTP010V01
0,35				1/2" F	HSTP035V01
0,8					HSTP080V01
1,5				3/4" F	HSTP150V01
2,3					HSTP130V01

Fitting-Testing unit AR series



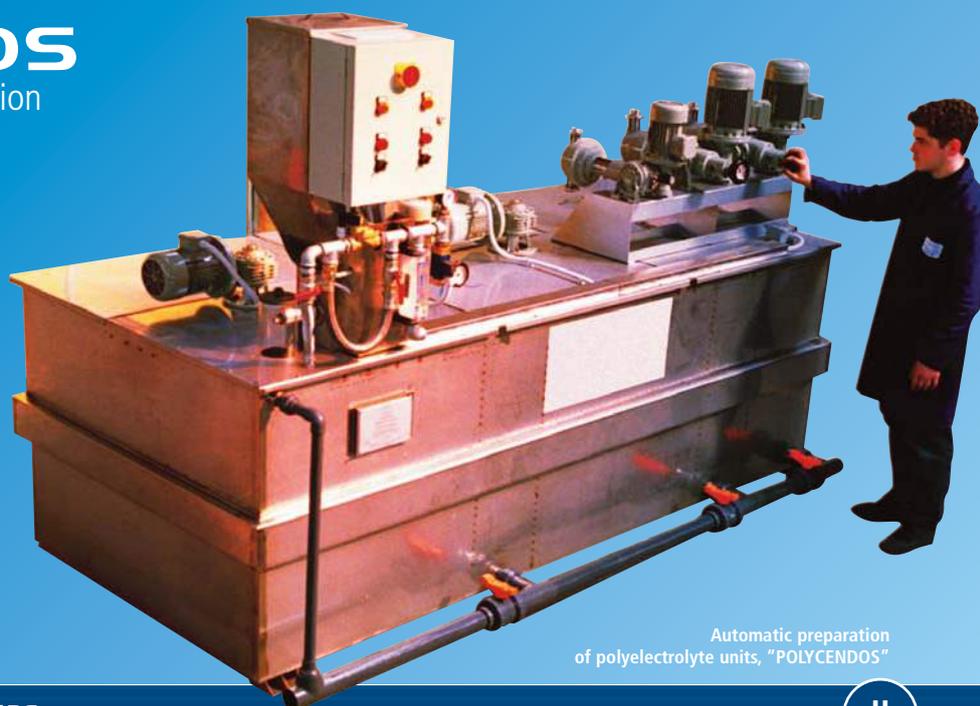
Pressure (bar)	CODE
6	AR10PM0006
12	AR11PM0012
40	AR01PM0040
60	AR02PM0060
100	AR03PM0100
160	AR04PM0160
250	AR05PM0250

POLYCENDOS

automatic systems for the preparation of polyelectrolyte

The demand for the automatic and continuous preparation of polyelectrolytes, needed in water treatment applications, is brilliantly solved by POLYCENDOS, complete and autonomous systems for the dilution, dispersion, ageing, storage and dosing.

The standard models are in stainless steel and include seven versions from 550 l/h to 8000 l/h; further executions are available upon request.



Automatic preparation of polyelectrolyte units, "POLYCENDOS"

ANEXO 11



C^arbotecnia

Catálogo de productos 2020

Índice

Carbón activado

- Carbones activados para agua
- Carbón activado para aire y gases
- Carbón activado para otros usos

Tratamiento de agua

- Equipo para tratamiento de agua
- Lámparas UV
- Purificadores domésticos

Medios granulares

- Granulares
- Catalizadores
- Resinas de intercambio iónico
- Sal para suavizadores

Bebederos

- Bebederos para jardín de niños
- Bebederos para primarias
- Bebederos para secundarias
- Bebederos de uso general

Accesorios y componentes

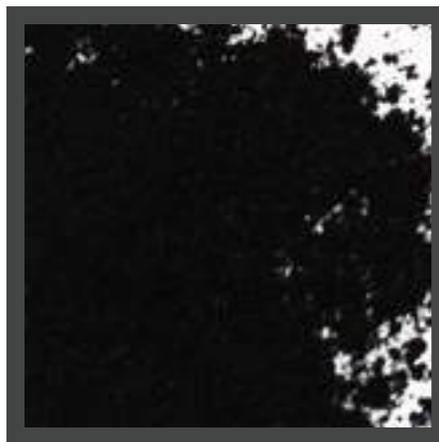
- Cartuchos y portacartuchos
- Toberas
- Ósmosis inversa
- Productos químicos
- Válvulas

Tratamiento de aire

Servicios técnicos

A close-up photograph of activated carbon granules, which are small, dark, irregularly shaped particles. The granules are piled up, creating a textured surface. A semi-transparent blue banner is overlaid across the middle of the image, containing the text 'Carbón activado'.

■ Carbón activado



Megapol E

Megapol E es un carbón activado en polvo de madera de pino. Es un producto económico, con tendencia a la macroporosidad y, por lo tanto, indicado para la decoloración de líquidos.

Tamaño de partícula: 90% pasa la malla 325
Presentación: Sacos de 20 kg.

Más información



Micropol

Micropol es un carbón activado de concha de coco en polvo principalmente microporoso, y adecuado para la deodorización de líquidos.

Tamaños de partícula: Existen tres productos: el 90% pasa la malla (a) 50; (b) 150; (c) 325
Presentación: Sacos de 25 kg y Supersacos de 500 kg.

Más información



Mega

Mega es un carbón activado granular de madera de pino activado con ácido fosfórico, este carbón es adecuado para la decoloración de líquidos y la retención de contaminantes orgánicos de alto peso molecular.

Tamaño de partícula: 6x20, 14x35
Presentación: Sacos de 13 kg.

Más información

Micro

Micro es un carbón activado granular de concha de coco, altamente microporoso indicado para decoloración, purificación del agua, eliminación de olores y sabores, y retención de contaminantes orgánicos.

Tamaño de partícula: 8x30, 12x40, 20x50
Presentación: Sacos de 25 kg, Supersacos de 500 kg.

Más información

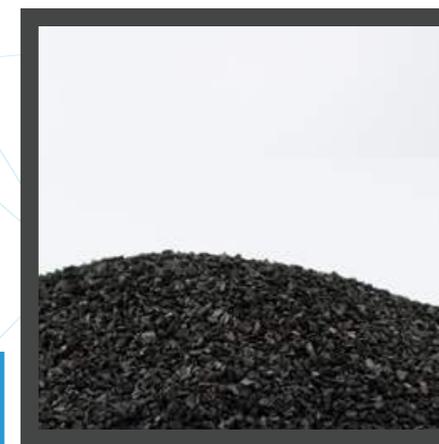


Micro LS

Micro LS es un carbón activado granular de concha de coco libre de sales solubles lavado en ácido, para aplicaciones donde estas sales generan problemas (también llamadas "cenizas").

Tamaño de partícula: 8x30, 12x40, 20x50
Presentación: Sacos de 25 kg, Supersacos de 500 kg.

Más información



Biostat

Biostat es un carbón activado de concha de coco impregnado con plata como agente bacteriostático. Este carbón es útil para cartuchos domésticos, filtros caseros, y purificación de agua de bajo consumo.

Tamaño de partícula: 8x30, 12x40, 20x50
Impregnación de plata: 0.1%, 0.3% o 1.0%
Presentación: Sacos de 25 kg, Supersacos de 500 kg.

Más información





Gama B

Gama B es un carbón activado de mineral bituminoso particularmente adecuado para el tratamiento terciario de aguas residuales y aguas superficiales de pozo, ríos, norias y lagos.

Tamaño de partícula: 8×30 y 12×40

Presentación: Sacos de 25 kg, Supersacos de 500kg.

Más información

Gama L

Gama L es un carbón activado de mineral lignítico adecuado para el tratamiento de aguas residuales con olores fuertes y para la decoloración de toda clase de líquidos.

Tamaño de partícula: 8×30

Presentación: Sacos de 25 kg, Súper sacos de 500 kg.

Más información



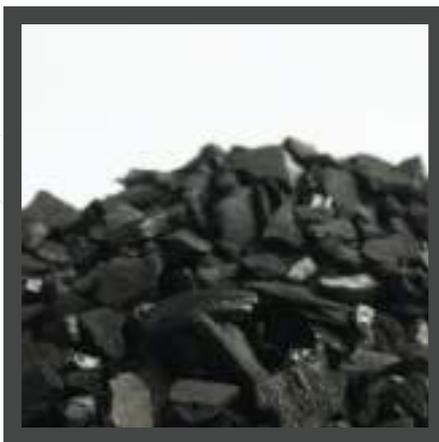


Carvapur Pellet

Este es un carbón activado de concha de coco que ha sido comprimido en una forma cilíndrica que minimiza la caída de presión del gas a tratar. Comúnmente se utiliza para recuperación de solventes, campanas de cocina, cabinas de pintura y acondicionamiento de aire.

Tamaño de partícula: Pellet de 4mm de diámetro
Presentación: Sacos de 25kg. Cuñete de 100 kg.

Más información



Vapomer

Vapomer es un carbón activado granular elaborado de concha de coco especialmente impregnado para la retención de vapor de mercurio en corrientes gaseosas.

Tamaño de partícula: 4x10, 8x14, 14x30 / Pellet 4mm
Presentación: Saco de 25 kg. Cuñete de 100 kg.

Más información



Vapamón

Vapamón es un carbón activado granular creado para adsorber amoníaco y aminas de bajo peso molecular. Después de la activación se impregna con grupos superficiales ácidos que brindan gran capacidad de retención de moléculas alcalinas.

Tamaño de partícula: 4x10, 8x14, 14x30 / Pellet de 4 mm
Presentación: Saco de 25kg. Cuñete de 100kg.

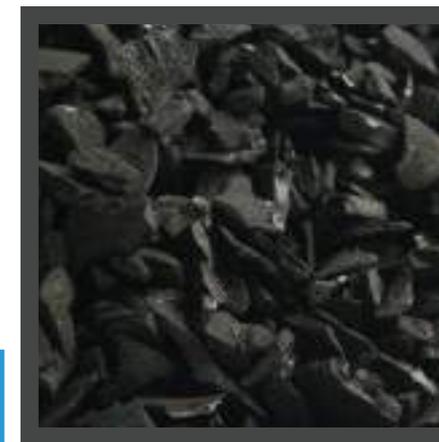
Más información

Carvapox

Carvapox es un carbón impregnado, altamente microporoso, diseñado para retener compuestos orgánicos particularmente susceptibles a la oxidación, y cuya alta volatilidad no los hace adsorbibles con eficacia en un carbón activado estándar.

Tamaño de partícula: 4x10, 8x14, 14x30 / Pellet 4mm
Presentación: Saco de 25 kg. Cuñete de 100 kg.

Más información



Carvacid

Carvacid es un carbón activado con capacidad de adsorción, tanto de vapores orgánicos como de gases ácidos. Se fabrica mediante la impregnación parcial en medio alcalino de un carbón de concha de coco con una porosidad altamente desarrollada.

Tamaño de partícula: 4x10, 8x14, 14x30 / Pellet 4mm
Presentación: Saco de 25 kg. Cuñete de 100 kg.

Más información



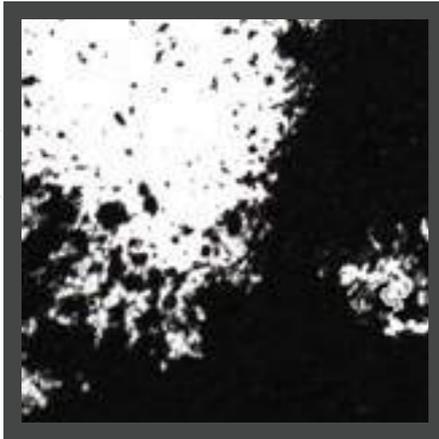
Vapacid

Vapacid se fabrica a partir de concha de coco y se impregna con óxidos metálicos que le brindan una alta capacidad para la eliminación de gases y vapores ácidos presentes en aire.

Tamaño de partícula: 4x10, 8x14, 14x30 / Pellet 4mm
Presentación: Saco de 25 kg. Cuñete de 100 kg.

Más información





Bio-C

Bio-C es un carbón elaborado a partir de concha de coco seleccionado para ser empleado como mejorador de suelos también conocido como Biochar. Funciona en toda clase de cultivos, hortalizas, flores, granos y césped. No posee sales que puedan dañar el equilibrio osmótico de la raíz, ni metales pesados que provoquen fitotoxicidad.

Más información

Carboro

Carboro es un carbón activado granular fabricado de concha de coco diseñado específicamente para la recuperación de cianuros de oro y plata en circuitos de recuperación de este metal.

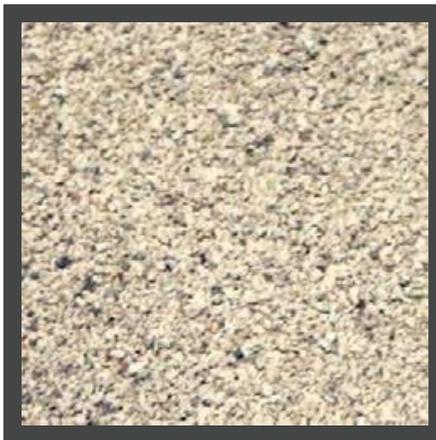
Tamaño de partícula: 6x12, 6x16
Presentación: Saco de 25kg. Cuñete de 100kg. Supersaco de 500kg.

Más información





Medios granulares



Zeolita

Captador de alta capacidad, retiene partículas de hasta 5 micras. Sus propiedades de intercambio del catión neutralizan ciertos elementos. Los canales moleculares uniformes se clasifican en orden al deshidratarse. Gran capacidad de absorción de gases y vapores. Posee propiedades catalíticas y capacidad de intercambio de iones.

Más información



Garnet

Es un mineral no metálico inerte a los químicos que se encuentra comúnmente en el ambiente natural. El Garnet con su alto peso específico de 4.0 forma la capa más baja de granos finos y su tamaño efectivo de 0.3 mm puede filtrar hasta un rango de 10-20 micrones.

Más información



Grava sílica

La grava sílica se utiliza como soporte de medios filtrantes, la parte cóncava de los tanques son áreas que no intervienen en la filtración, en la mayoría de los casos es recomendable rellenar con grava sílica esta área, por ser un material que no le imparte ninguna característica al agua a tratar y es mucho más económica.

Más información

Antracita

Medio para clarificación del agua en uso potable o industrial. Es un carbón mineral, de color negro, brillante, con gran dureza, presenta mayor contenido en carbono, hasta un 95%. La forma especial de sus granos permite que el material que se encuentra en suspensión sea retenido en la profundidad del lecho filtrante.

Más información



Arena sílica

Arena de alta dureza, resistencia química, alto punto de fusión, piezoelectricidad, piroelectricidad y transparencia. Son utilizadas como lecho filtrante para depuración y potabilización de las aguas y por su dureza son utilizados para la fabricación de lejías, abrasivos industriales y arenados.

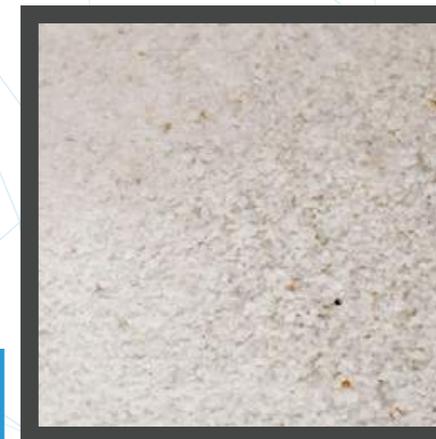
Más información



Calcita

La calcita es un medio granular que corrige el pH lo suficiente para alcanzar un equilibrio no-corrosivo. En condiciones normales, al hacer contacto con la calcita, las aguas ácidas disuelven lentamente el carbonato de calcio para elevar el pH, el cual reduce la posible lixiviación del cobre, plomo y otros metales que se encuentran en sistemas de bombeo típicos.

Más información





Filox-R

Insuperable capacidad para remover fierro y manganeso por alto contenido de dióxido de manganeso. El dióxido de manganeso es el ingrediente activo de todos los sistemas de reducción de fierro / manganeso. El alto contenido de dióxido de manganeso produce rendimiento mucho más activo y enérgico – por lo tanto, un producto mucho más eficaz.

Más información



Greensand Plus

Material para la remoción de fierro, manganeso y sulfuro de hidrogeno del agua. Es procesada con minerales de glauconita y zeolita. El dióxido de manganeso actúa como un catalizador en la reacción de oxido-reducción del fierro y manganeso generando su precipitación en el medio. Fabricado bajo las normas americanas ANSI/NSF Estándar 61.

Más información

Birm

Birm es un medio eficaz y económico para la reducción de fierro disuelto y los compuestos de manganeso en bruto presentes en el agua. Birm actúa como un catalizador para mejorar la reacción entre oxígeno disuelto (D.O.) y el fierro. Las características físicas de Birm proporcionan un excelente medio filtrante, fácil de limpiar y de retrolavar para eliminar la precipitación.

Más información



Pyrolox

Medio filtrante de alta capacidad para remoción de ácido sulfhídrico, fierro, y manganeso. Pyrolox es un medio de filtración granular para remover sulfuro de hidrógeno, el fierro y reducción de manganeso. Funciona como un catalizador, pero en sí mismo permanece relativamente sin cambios.

Más información





Resina aniónica

Las resinas aniónicas de base débil contienen el grupo funcional de poliamina, que actúa como absorbente de ácido, eliminando los ácidos fuertes de la corriente de efluente de cationes. Estas resinas deben ser usadas en aguas con niveles elevados de sulfatos o cloruros, o donde se requiera la eliminación de alcalinidad y del silicio.

Más información

Resina catiónica

La resina catiónica fuerte deriva su funcionalidad de los grupos ácidos sulfónicos, estos intercambiadores catiónicos de ácido fuerte funcionan a cualquier nivel de pH. Esta resina utiliza grupos de carboxílicos que le dan alta eficiencia química en muchas aplicaciones

Más información



Resina mixta

Las camas mixtas de resinas de intercambio iónico se utilizan en procesos donde es necesario quitar todos los aniones y cationes no necesarios un proceso de tratamiento de agua. El alto grado de resinas nucleares aseguran que el agua procesada sea de hecho de la más alta calidad 18.3 megohmios (0.55 $\mu\text{S cm}^{-1}$)*.

Más información



Sal peletizada

Sal evaporada para suavizador en pellets son producida a partir de nuestra sal de alta pureza. El producto es un mínimo de 99,9% de NaCl, no contiene prácticamente insolubles, y produce una salmuera clara. El producto cumple con las normas AWWA para ablandador de agua salada y está registrada en la NSF.

Más información

ANEXO 12

NW provides a wide range of coconut shell, coal and wood based carbon in granular, extruded and powdered forms.

A series of impregnated activated carbons have been developed for the more specialised applications. These utilise the combined effect of chemical reaction and adsorption to remove contaminants that are not readily adsorbed by activated carbon alone.

Examples of chemical compounds that are successfully controlled by using impregnated activated carbon are: ammonia, mercury, sulphur dioxide, hydrogen sulphide, ethylene, hydrogen chloride, chlorine, methyl iodide, formaldehyde and hydrogen cyanide.

INDUSTRY	APPLICATIONS
Air Treatment	<ul style="list-style-type: none"> ● Odour control in Airports, Offices, Public Buildings ● Acid Gas Removal in Plant Control Rooms, Museums ● Cooking odours by Cooker Hoods and Panel Filters ● Cigarette Filters Industrial Respirators for Personal Protection
Solvent Recovery	<ul style="list-style-type: none"> ● Economical Recovery of organic Solvents ● Control of VOC Emissions
Water Treatment	<ul style="list-style-type: none"> ● Point of Use line and Jug Filters ● Potable Water Taste and Odour Removal ● Beverages, Dechlorination and THM Removal
Petrochemicals	<ul style="list-style-type: none"> ● Steam Condensate Recovery ● Mercury, SO₂, H₂S Removal ● Gas Purification (LNG, H₂, CO₂, N₂) ● Amine Purification ● Waste Water Purification
Catalyst	<ul style="list-style-type: none"> ● Catalysts in Process ● Catalyst Guard Beds
Electronics	<ul style="list-style-type: none"> ● Phosphine Arsine Control ● Electroplating Baths Removal of Organics ● Solvent Recovery
Nuclear Industry	<ul style="list-style-type: none"> ● Protection with Guard Beds and Delay Beds
Swimming Pools	<ul style="list-style-type: none"> ● Ozone Removal - Chloramine Control
Military Suiting	<ul style="list-style-type: none"> ● Impregnation of Non Woven Fibre
Flue Gas Remediation	<ul style="list-style-type: none"> ● Reduction of Emissions- Mercury/Dioxins

NW offers a comprehensive design service allowing for calculation of pressure drop, theoretical life of carbon, amount required for a given set of conditions and dimensions, for both air and water use. The spread sheets can be used to calculate dimensions required to provide a given pressure drop, first break through contaminants from a series of contaminants in air, and graphs showing design parameters where there is incomplete information.

NW Activated Carbon Applications: LIQUID PHASE

NW offers a range of activated carbons that have been developed specifically to remove dissolved organic contaminants from water. Our carbon is used in the removal of colour, taste, odour, and organic compounds in potable water treatment processes. It is used as a catalyst and as a catalyst support for precious metals. Many municipal water treatment plants rely upon our activated carbons to remove taste, odour, colour, and toxic pollutants from water.

- Remediation of Contaminated Ground Water
- Industrial and Municipal Waste Water & Potable Water Treatments.
- Municipal Water Supply Treatment
- Aquarium Water Purification





USE OF NW & NWA GRADES OF ACTIVATED CARBON FOR DRINKING WATER TREATMENT

Process

- Filtration: Mechanical separation of suspended solids through a media filter bed
- Purification: Removal of contaminants by adsorption onto activated carbon.

A. Filters

A.1 Types

- Open top (gravity)
- Pressure Vessel

A.2 Filtration Media

- Sand
- Anthracite (preferred due to ease of cleaning, better filtration, and comparable service life).

A.3 Filter Design

1. Flow: Upward vs. Downward (preferred type)
2. Configuration: Series vs. Parallel
3. Operating Parameters

Flow rate: 3 - 5 gpm/sq ft (190 liters/minute/sq. m)

Backwash rate: 10 - 16 gpm/sq ft (600 liters/minute/sq. m)

Backwash frequency: daily

NOTE: Backwash rate is dependent on temperature of the water (colder water is more dense and thus requires lower backwash rate to achieve the same bed expansion).



B. Purifiers/Adsorbers

Use activated carbon to remove following from filtered water:

- Chlorine & chlorinated compounds such as THM's
- Taste and odor
- Organic contaminants (HC)
- Pesticides & herbicides

B.1 Equipment Design

Construction: Stainless Steel (316L)

Type: Pressure vessel (85 psi)

Flow: Downward

Configuration: Parallel

Bed depth of carbon: 3 feet minimum

Ratio of Bed depth: diameter = 1.5 : 1 minimum

B.2 Operating Parameters

Flow Rate: 3 - 8 gpm/sq ft

Carbon charge: 1 cu ft minimum/gpm

Recommended EBCT: 10 minutes

Backwash rate (NW12x40): 8 - 12 gpm/sq ft



Backwash period: 15 minutes minimum

Backwash frequency: Weekly minimum

Bed expansion: 40%

pH control: Backwash new carbon beds thoroughly to minimize pH gain.

Service life: Typically 2-4 year

C. Dechlorination

Primary function of carbon is to remove residual chlorine and minimize the formation of THM's by the removal of THM precursors (such as Humic Acid, Lignin, Tannin). Current MCL for THM's in the U.S. is 100 ppb.

Measurement of THM's: TOC level

THM's (particularly chloroform) are formed in water from the reaction of chlorine with organic precursors. Unfortunately THM's are not readily adsorbed onto NW12x40 GAC and may not be preferentially adsorbed depending on the other constituents in the water source.

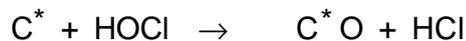
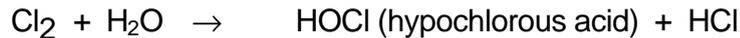
The THM molecule is relatively small and thus more readily entrained in micropore structures which would indicate some preference for coconut carbon. However, the polar nature of THM and solubility in water limit its capacity to adsorb onto carbon in general. The case for the most ideal carbon may appear obvious on the surface but presents problems in practice. This is complicated by the fact that numerous molecules co-exist in all water supplies and there are competing forces of adsorption depending on pore size, loading factors, etc. Transition pores play a vital role in the adsorption process by providing the necessary channels to transport the molecules to the high energy adsorption sites. For these reasons, coal based carbons (particularly those with high activity levels) appear to be more efficient in adsorbing THM's than coconut carbon (offering the best combination of surface area and pore size distribution).

NOTE: Since dechlorination is a chemisorption process, both the amount of surface area and mass of activated carbon (in terms of density) are important to improve efficiency (more carbon sites are available to react with the chlorine).



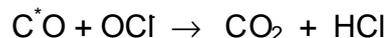
Typical loading factor for THM's: < 0.5%.

Mechanism: catalytic reduction (chemisorption)

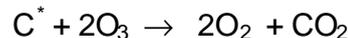


NOTE: HOCl is the primary disinfectant

The carbon surface is being oxidized and will be consumed if exposed to high Cl_2 concentrations due to the formation of CO and subsequently CO_2 gas.



Regarding ozone in the presence of activated carbon becomes oxygen



Testing in Europe indicates that ozonation prior to the carbon extends the life of the carbon.

D. Chloramines

Chloramine is an alternative treatment to chlorination as it offers the advantage of lower concentrations of chloro-organics and thus reduced formation of THM precursors. Chloramines are also formed by the reaction of NH_3 (present in wastewater) with free chlorine.

Types:

- Monochloramine (NH_2Cl): Largest concentration and also most difficult to remove
- Dichloramine (NHCl_2): Better carbon adsorption

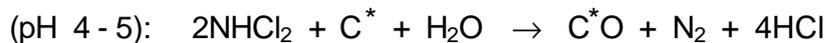
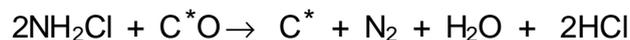
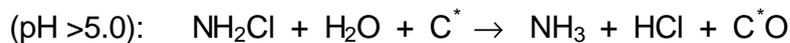
This is a catalytic reaction and hence the carbon surface must be converted to CO for most effective reduction to occur. This can be achieved by extensive



backwashing to wet the carbon which activates the surface. Favorable results have been achieved by priming the carbon surface with a pretreatment of 5% hypochlorite at a dose rate of 1 gallon/10 cubic feet of carbon. Addition is recommended during the backwash cycle to ensure efficient distribution.

Contact times: Monochloramine - 20 minutes

 Dichloramine - 10 minutes



Note: Breakpoint chlorination = chlorine oxidizes NH_3 (present in wastewater) to nitrogen gas.

E. Backwashing

Proper and efficient backwashing is essential to the performance and service life of the carbon bed. All GAC contains a component of fine particles which can impede the performance of the bed and must be removed by effective backwashing (particularly when a carbon bed is first put into service). Stratification occurs during the backwash cycle so that the smallest particles migrate to the top of the bed and are removed. This prevents the build up of any excessive pressure drop through the bed. For new carbon beds, backwash until the water is clear (no further fines). Repeat process until all the fines have been purged from the system.

NOTE: Always use pretreated water, not municipal water.



Most common reasons for inefficient backwashing are as follows:

- Flow rates too low
- Improper equipment design
- Seasonal water temperature
- Infrequent backwashing
- Inadequate operational controls

F. Sanitizing Carbon Beds

1. Steam Cleaning (recommended)

Parameters: 12 - 15 psi

212° - 250° F

Flow Direction: downward

Duration: 1 hour from time steam first observed in drain valve

Frequency: weekly

2. Caustic Wash

Parameters: 5% - 10% NaOH

185° F

Duration: 4 - 8 hours

Procedure: recycle NaOH and rinse thoroughly upon completion

NOTE: THM's are not easily desorbed even though the force of attraction for the carbon is weak and the boiling point of THM's is relatively low (this is due to the interference of competing molecules that may not be desorbed as easily). Field experience has shown that successive THM breakthroughs occur



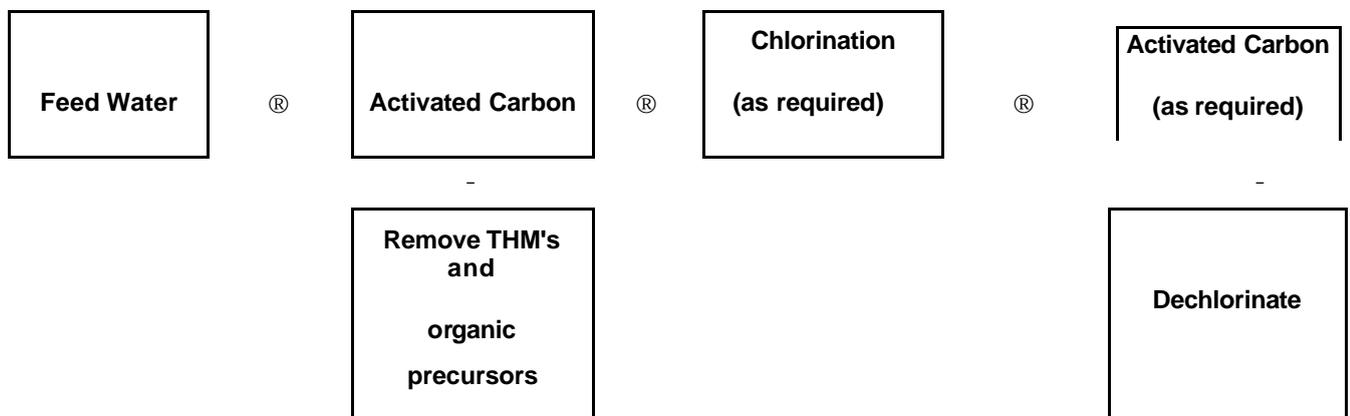
after increasingly shorter cycles (8 - 12 months for the initial breakthrough, then 3 months, 1 month, etc.). This is in part due to the poor THM desorption and fewer sites being able for new adsorption. In addition, if the lime coagulation system is not operated properly, the carbon could be coated or plugged resulting in less effective desorption.

G. System Design

Since dechlorination and THM removal are different processes and conflicting to some degree (higher temperatures favor dechlorination while the reverse is true for THM's),

We suggest the following approach:

Grade of Carbon: NW 12x40 or NW 8x30 or NW12x30



This minimises the THM concentration and level of THM precursors by the primary carbon treatment and then is followed by dechlorination if necessary.



H **Recommendation to TOC removes, from drinking water:**

Regarding of this application, if we make a quickly technical-economical analysis, and we considering 6-10 minutes of empty bed contact time (EBTC), we will obtain 28 m³ of activated carbon bed maximum (aprox. 14 Tn of GAC), and we need at least a filter superficial of 24 m² for typical filter installation.

But really to this project we could must to know the qualitative composition of this 4 – 4.5 ppm of COD. If this COD is due to volatile organics compounds (VOC's) like THM's, aromatics hydrocarbon and others, we could desorbed partially these compounds from the AC making the backwash with hot water. If this is not possible and if we take in account that the activated carbon could adsorb a 25% weight per weight of this VOC's the life of the bed will be aprox. 0.5 year.

Other useful option is dosing PAC (powdered activated carbon) post coagulation process. The optimum dosing of PAC is obtain with bach test like the Jar test.

The recommended type of activated carbon to be used is in accordance to the qualitative composition of the organics compound present in the water stream.

If we not have chance to obtain the qualitative composition, the ideal method is making a isotherm testing is a laboratory-scale batch-treatment test that evaluates a powdered Activated Carbon's (PAC) ability to remove this impurities from a liquid. Data from these laboratory adsorption tests may be used to calculate the carbon's capacity or its "adsorptive capacity". These laboratory-scale tests are also useful to identify the best performing carbon type and to define the relative economics of PAC treatment.

For pilot column testing for granular activated carbon(GAC), the first evaluation step is to run simple isotherms, using PAC, to determine if the treatment goal can be met. While this test provides an indication of how well an impurity may be removed using activated carbon, it cannot give definitive scale-up data for using GAC. Therefore, pilot column tests should be made using the most promising carbons as indicated by the isotherms to get a more accurate comparison of the carbons and provide scale-up information useful for commercial system designs.

In general the lab test demonstrate that a coal based GAC is the superior media for reduction of Total Organic compounds presents in the raw water.

In conclusion in accordance to the lines above, and if we taking in account that really this COD contend is due to a complex mixing of organics compound, will be great to have a complete composition of this COD, and then send us you samples of carbon with the method to run this simples tests. Really this will be the best option.



Potable Water Treatment Application

NW 12x40 BITUMINOUS GAC & NWA 12x40 ANTHRACITIC GAC

Other standard size for this GAC type is 12x20 US mesh and 8x30 US mesh and 8x16 US mesh

NW 12x40 is a virgin activated carbon made from the finest grades of coal. Granular in form, it is ideal for many liquid phase applications. The high activity and surface area makes this carbon ideal for the removal of organics from water streams and the purification of potable water.

TYPICAL SPECIFICATIONS

Mesh size - 12x40, %:	90 (min)
Less than No.12 US mesh, %:	5 (max)
Greater than No.40 US mesh, %:	5 (max)
Iodine Number, mg/g:	1000 (min)
Surface Area, m ² /g:	1050 (min)
Hardness, %:	95 (min) for Bituminous 98 (min) for Anthracitic
Moisture, % (as packaged)	4.0 (max)
Typical Density, lbs./cu.ft.:	27-30
g/cc:	0.43-0.48

Standard packaging is in 500 Kg super sack. Other packaging and other granular size are available upon request.



FEATURES

- High adsorption capacity and efficiency.
- Super durability that stands up well to backwashing.
- Low fines, rinses fast.

APPLICATIONS

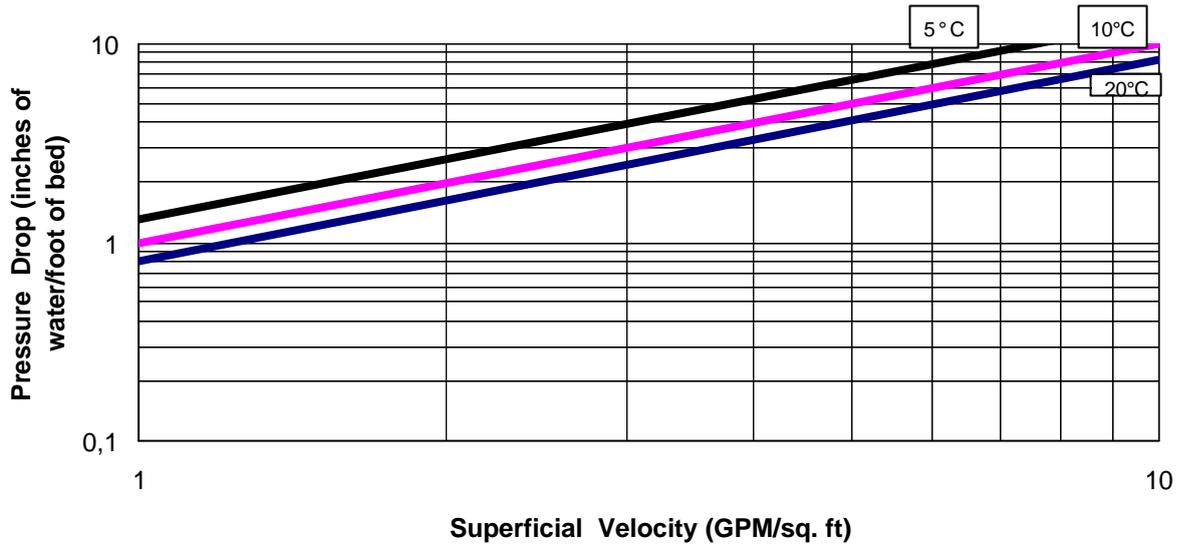
- Removal of VOCs and Taste and Odor compounds from potable water stream.
- Groundwater treatment applications for removal of solvents, pesticides, BTEX, and MTBE.
- Pre-treatment beds for reverse osmosis, ion exchange, and other high purity water treatment systems.
- Polishing applications for air strippers, bioreactors, and UV/Oxidation units.

CAUTION: WET ACTIVATED CARBON DEPLETES OXYGEN FROM AIR.

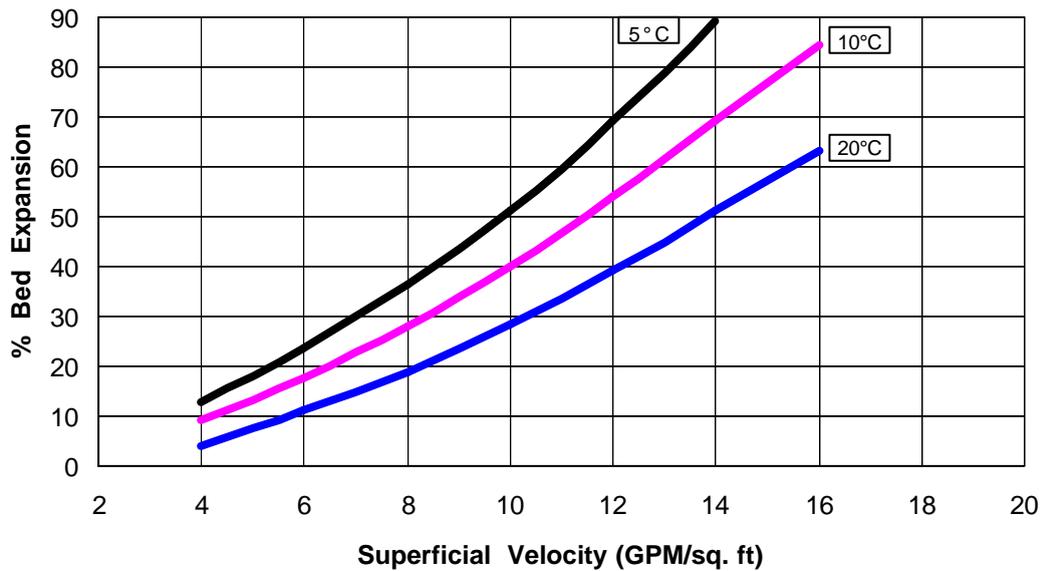
Whenever workers enter a vessel containing carbon, all precautions must be taken since dangerously low levels of oxygen may be encountered. Atmosphere sampling and work procedures for potentially low oxygen areas should be followed.



**NW-12 x 40
Pressure Drop**



**NW 12 x 40
Bed Expansion**





NW 1240 COAL VS. COCONUT GRANULAR ACTIVATED CARBON

Both types of carbon are used in potable water treatment applications but coal carbon offers the overall advantage which is the reason that the major municipalities in the USA only accept this carbon and reject all others. A comparative analysis is given as follows:

- 1.) Density Higher for coal carbon which provides a greater volume activity.
- 2.) Iodine Number Higher for coconut carbon which denotes a greater micropore content (most useful for vapor phase applications).
- 3.) Pore Size Distribution Coal carbon offers a wide range from micropore to macropore whereas coconut carbon consists of predominantly micropores only. This means that coconut carbon will only be effective for removing small compounds (normally less than 5Å) and will not adsorb a broad range of compounds. Coal based carbon offers a more universal adsorption capability which provides a safety factor since the quality of water is neither predictable nor consistent.
- 4.) Hardness Coconut carbon is a little harder which can be associated with lower dust.
- 5.) Dechlorination For the same particle size, dechlorination performance is comparable (except for the potential of larger molecules blocking the micropores of the coconut carbon and thereby reducing the available surface area).
- 6.) THM Removal Since these are small molecules, logically one would expect coconut carbon to offer a greater loading capacity due to its micropore structure. In practice, however, coal carbon was found to provide longer operating cycles before breakthrough which is most likely due to the larger compounds blocking the pores in the coconut carbon.
- 7.) Service Life Experience has shown that coal carbon provides a longer service life (mainly due to a larger part of its total surface area being effective).



- 8.) Water Soluble Ash Coconut carbon has a lower total ash content but higher water soluble ash (which is more important for water treatment applications).
- 9.) Extractable Sulfide Coconut carbon has a lower total sulfide content but higher extractable sulfide.
- 10.) pH Longer time required to stabilize pH with coconut carbon



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Product: NW & NWA- ACTIVATED CARBON
Sizes: 12x40, 12x20, 8x30, 8X16 AND Others.

NFPA* Hazard Signal

Health Hazard (Less than 1 hr. exposure)	0 =	Minimal Hazard
Flammability Hazard	1 =	Slight flammability hazard.
Reactivity Hazard	0 =	Materials which in themselves are normally stable, even under fire exposure conditions, and which are not reactive with water.

*National Fire Protection Association 704

Section I Product Identification

Manufacturer's Name: Nordicwater Co.	Telephone Number for Information: (54 11) 4752 6100
Address: Galicia, San Martin Buenos Aires, Argentina	Emergency Telephone Number: 1-800-524-9300 CAS #: 7440-44-0
Effective Date: December 2003	

Section II Hazardous Ingredients

Hazardous Components: %	Other Limits		
	OSHA PEL	ACGIH TLV	Recommended
	NOT DETERMINED TO BE HAZARDOUS		



Section III Physical Characteristics

Boiling Point:	N/A	Specific Gravity (H₂O = 1):	0.30 - 0.50
Vapor Pressure (mm Hg.):	0	Melting Point:	N/A
Vapor Density (Air = 1):	N/A	Evaporation Rate (Butyl Acetate = 1):	N/A
Solubility in Water:	Insoluble	Melting Point:	N/A
Appearance and Odor:	Black particles, odorless		

Section IV Fire And Explosion Hazard Data

Flash Point:	N/A	Flammable Limits:	LEL: N/A	UEL:
	N/A			
Extinguishing Media:	Water or CO ₂			
Special Fire Fighting Procedures:	NONE. Ignition temperature in excess of 400°C.			
Unusual Fire Explosion Hazards:	Contact with strong oxidizers such as ozone, liquid oxygen, chlorine, permanganate, etc., may result in fire.			

Department of Transportation Information:

Proper Shipping Name: Activated Carbon
 Hazard Class: NONE (Product not spontaneously combustible)

Section V Reactivity Data

Stability:	STABLE	Conditions to Avoid:	NONE
Incompatibility:	Strong oxidizers such as ozone, liquid oxygen, chlorine, permanganate, etc.		
Hazardous Decomposition or Byproducts:	Carbon Monoxide may be generated in the event of fire.		
Hazardous Polymerization:	WILL NOT OCCUR		
Conditions to Avoid:	Strong oxidizers such as ozone, liquid oxygen, chlorine, permanganate, etc.		



Section VI Health Hazard Data

Route(s) of Entry:	Inhalation?	NO	Skin?	NO	Ingestion?
	NO				
Health Hazards:	None Known				
Carcinogenicity:	NTP?	NO	IARC Monographs?	NO	OSHA
Regulated?	NO				
Signs and Symptoms of Exposure:	NONE				
Medical Conditions Aggravated by Exposure:	NONE KNOWN				
Emergency First Aid Procedures:					
1.	<u>Inhalation:</u>	Remove to fresh air and provide rest.			
2.	<u>Skin Contact</u>	Non-irritant. Wash thoroughly with soap and water.			
3.	<u>Eye Contact:</u>	Flush with excess water and consult a physician.			
4.	<u>Ingestion:</u>	Drink water and consult physician if gastrointestinal problems develop.			

Section VII Precautions for Safe Handling Use

Steps to be Taken in Case Material is Released or Spilled:	Sweep up unused carbon and discard in refuse container or repackage.
Waste Disposal Method:	Dispose of unused carbon in refuse container in accordance with local, state and federal regulations.
Precautions to be Taken in Handling and Storing:	Wet activated carbon depletes oxygen from air which can represent a major problem for workers in confined spaces by causing asphyxiation. Keep away from strong oxidizers.
Other Precautions:	Wash thoroughly after handling. Exercise caution in the storage and handling of all chemical substances.



Section VIII Control Measures

Respiratory Protection:	NIOSH approved particulate filter respirator		
Ventilation:	To comply with maximum exposure limits.		
Protective Gloves:	Rubber Gloves	Eye Protection:	Safety Goggles
Other Protective Clothing or Equipment:	Not required		
Work/Hygienic Practices:	Wash thoroughly after handling		



Date: *January 1, 1999*

WATER TREATMENT SYSTEM QUESTIONNAIRE

(Example completed)

1. **Company/Location:** *Beverage-Cola Co., Mexico City*

Submitted by: *John Smith* Title: *Plant Manager*

2. **GAC Equipment**

- Manufacturer of Filter: *Equipment Enterprises*
- Number of Filters: *2* Age: *5 years*
- Configuration: Parallel Series
- Material of Construction: *Stainless Steel (316L)*
- Internal Lining/Coating: *None*
- Steamable: Yes No
- Pressure Rating: *6 Kg/cm²*
- Dimensions of Carbon Filter:
 - Diameter: *2 meters* Straight Shell Height: *3 meters*
 - Cross Sectional Area: *3.14 sq. m* Freeboard: *33%*
- Flow Rate Per Filter: *850 lpm*
- Type of Carbon pre-filter: *Deep bed multi-media*
- Type of Piping, Distribution Equipment:
 - Upper Collector / Distributor: *S.S. inlet/outlet*
 - Lower Collector / Distributor: *S.S. with nozzle*
- Operation: Manual Automatic



3. GAC Media:

- ❑ Manufacturer of Carbon: **Nordicwater SA** Grade: **NW-1240**
- ❑ Type: Coal Lignite _____ Coconut _____ or Other _____
- ❑ Provide specifications
- ❑ Size (US Sieve): **12** x **40** **Mesh**
- ❑ Carbon per Filter: **6.28 m³** Weight: **3140 Kg**
- ❑ Bed Depth: **2 meters**
- ❑ Empty Bed Contact Time (GAC volume/flow rate): **7.5 minutes**
- ❑ Frequency of carbon replacement: **12 months**
- ❑ How is carbon loaded into filter: **filter is part filled with water and then GAC is added with hydraulic loader**
- ❑ How is the carbon prepared before being put into service: **backwashed, wetted under pressure overnight, backwashed & steamed**
- ❑ Sanitation Method: **Steam GAC weekly for 2 hours**
- ❑ Backwash: Frequency **Weekly** Duration **30 minutes with 10 minute rinse**
- Flow Rate: **1700 lpm** Water Source: **Treated water**
- ❑ Purpose of GAC:
 - Dechlorination: Free Combined _____
 - Chlorine: Addition Point: **after sand filter** Type: **Gas**
 - Organic Removal (Types): **THM**
 - Taste and Odor Removal **Yes**

REMARKS: *Backwashing and steaming frequency determined by THM breakthrough*

4. Type of Water Treatment System:

- ❑ Lime Coagulation (Softening: Alkalinity Reduction)
- ❑ Membrane (check one):



Other (explain): _____

REMARKS: _____

6. Carbon Dioxide

- Source: Flue Gas Natural Gas Fermentation
- GAC Treatment: Yes No
- Grade of Carbon: *Nordicwater NWc-80*
- Replacement Frequency: *annually*

7. Problems Encountered/Remedial Action: _____

