

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 1 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA “MANTA”	

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA “PLANTA POTABILIZADORA MANTA”

DATOS PRELIMINARES

- Tipo de sistema: CONVENCIONAL A GRAVEDAD
- Conexión entre procesos: POR CANALETAS
- Sistema de Aireación: TIPO CASCADA
- Unidad de Mezcla Rápida: CANALETA RECTANGULAR CON
RESALTO HIDRÁULICO
- Floculadores: DE FLUJO VERTICAL
- Sedimentadores: DE ALTA TASA CON TUBOS HEXAGONALES
- Filtros: RÁPIDOS DESCENDENTE DE TASA DECLINANTE
ESCALONADA CON FALSOS FONDOS TIPO “LEOPOLD”
- Caudal (Q) = 350 LPS
- Temperatura promedio del agua: 22 °C

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 2 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

CAPÍTULO 1. CASCADA DE AIREACIÓN

En purificación y tratamiento de aguas se entiende por aireación el proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto íntimo con el aire con el propósito de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. En resumen, es el proceso de introducir aire al agua.

Las funciones más importantes de la aireación son:

- Transferir oxígeno al agua para aumentar el OD
- Disminuir la concentración de CO₂
- Disminuir la concentración de H₂S
- Remover gases como metano, cloro y amoníaco
- Oxidar hierro y manganeso
- Remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores

En este tipo de aireadores el agua se deja caer, en láminas o capas delgadas, sobre uno o más escalones de concreto.

El aireador de cascada produce una pérdida de energía grande, pero es muy sencillo. Algunos autores como Overman, señalan que con una cascada y 40 cm de profundidad de suministro se pueden airear 9000 m³/d de agua con remociones del 50- 60% de CO₂.

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 3 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

temperatura (°C)	OD (mg/l)	temperatura (°C)	OD (mg/l)
0	14.6	16	9.9
1	14.2	17	9.7
2	13.8	18	9.6
3	13.5	19	9.3
4	13.1	20	9.1
5	12.8	21	8.9
6	12.5	22	8.7
7	12.1	23	8.6
8	11.8	24	8.4
9	11.6	25	8.3
10	11.3	26	8.1
11	11.0	27	8.0
12	10.8	28	7.8
13	10.5	29	7.7
14	10.3	30	7.6
15	10.1	31	7.5

Cuadro 1. saturación del 100 por cien para la temperatura anotada (y la presión barométrica normal), para agua dulce.

Para el presente proyecto se propone airear el efluente mediante una cascada de aireación, por lo que el procedimiento consiste en determinar la altura de la cascada, así como la cantidad de escalones de aireación y cuyas características son las siguientes:

Temperatura: 27°C

Oxígeno disuelto del efluente: 0 mg/L

Oxígeno disuelto a la salida de la cascada: 5.0 mg/L

Caudal: 30240 m³/d

Procedimiento:

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 4 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

De una tabla de concentración de saturación de oxígeno disuelto a 27°C se obtiene:

$$C_s = 8.00 \text{ mg/L}$$

Se obtiene la relación deficitaria de oxígeno **R** como:

$$R = \frac{C_s - C_o}{C_s - C} = \frac{8.00 - 0}{8.00 - 5} = 2.67$$

La altura de la cascada viene determinada por:

$$H = \frac{R - 1}{0.361 \cdot a \cdot b \cdot (1 + 0.046T)} = \frac{2.67 - 1}{0.361 \cdot 1.0 \cdot 1.1(1 + 0.046 \cdot 27)} = 1.88 \text{ m}$$

Donde se tomaron coeficientes de:

a=1.0 para agua poluta de río

b=1.1 para una configuración escalonada

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 5 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

CALCULOS HIDRAULICOS PARA DETERMINAR EL AREA DE SEDIMENTACION						
PASO	DATOS	Simb.	VALOR	UNID	CRITERIOS	CALCULOS
1	Relación deficitaria de oxígeno	R	2,667	mg/l	$H = \frac{R - 1}{0,361 ab (1 + 0,046T)}$ $R = \frac{C_s - C_o}{C_s - C}$	
2	Concentración de saturación de oxígeno disuelto a la temperatura	Cs	8,00	mg/l		
3	Concentración de saturación de oxígeno disuelto en agua antes del vertedero o cascada	Co	0,00	mg/l		
4	Concentración de saturación de oxígeno disuelto en agua después del vertedero o cascada	C	5,00	mg/l		
5	Temperatura del agua	°C	27,00	27		
6	Coeficientes	a	1,00	adim.		
7		b	1,10			
8	Altura de caída del agua	H	1,87	m		

Conclusión: Se adopta una altura útil de cascada de 2 m, con 8 escalones de 25cm de altura cada uno.

Para mejorar la aireación se propone un diseño escalonado de tipo vertedero rectangular con contracciones laterales en el cual el flujo se transfiere del nivel superior al inferior por desbordamiento, provocando una turbulencia adicional debido al entrapamiento y salpicamiento en la superficie inferior del agua.

Para el cálculo del ancho de los escalones se procede con el empleo de la fórmula para un vertedero rectangular de pared gruesa, en el que se verifica la condición $e/h > 0.67$, donde:

e: espesor de la pared del vertedero

h: carga hidráulica del agua sobre el vertedero

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 6 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

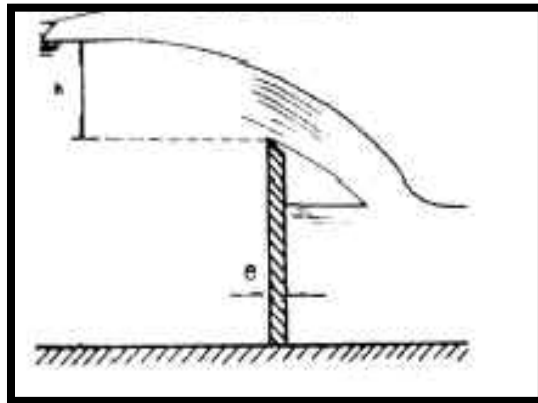


Figura 1. Vertedero rectangular, pared fina

El gasto a través de este vertedero puede determinarse con el procedimiento de Bazin, que introduce un coeficiente de reducción a la ecuación utilizada para vertederos rectangulares con contracciones de pared delgada:

$$Q = \gamma C_d b h^{\frac{3}{2}}$$

Donde $\gamma = 0.7 + \frac{0.185}{\frac{e}{h}}$

$$C_d = \frac{2}{3} \sqrt{2g\mu}$$

$$\mu = \left[0.6035 + 0.0813 \left(\frac{h + 0.0011}{w} \right) \right] \left[1 + \frac{0.0011}{h} \right]^{\frac{3}{2}}$$

Para las siguientes condiciones:

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 7 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

$$Q = 350 \text{ L/s}$$

$$w = 0.45 \text{ m}$$

$$b = 4.0 \text{ m}$$

Rehbock (1929) (Ref. 9)	$h = \left[0.6035 + 0.0813 \left(\frac{h + 0.0011}{w} \right) \right] \left[1 + \frac{0.0011}{h} \right]^{1/2}$	$0.01 \text{ m} \leq h \leq 0.80 \text{ m}$ $b \geq 0.30 \text{ m}$ $w \geq 0.06 \text{ m}$ h w	Vale sólo para vertederos sin contracciones laterales. Es muy precisa y de las más utilizadas, por su sencillez.
----------------------------	--	---	--

Figura 2. Límites para formulación empleada.

Se halla mediante la aplicación de las fórmulas anteriores que $h=110\text{mm}$, que es la altura de la lámina de agua sobre el nivel del vertedero. De este procedimiento, se verifica el cumplimiento del requisito primario de diseño para este tipo de estructura:

$$w > 2/3 h$$

$$0.45 > 2/3 (0.11)$$

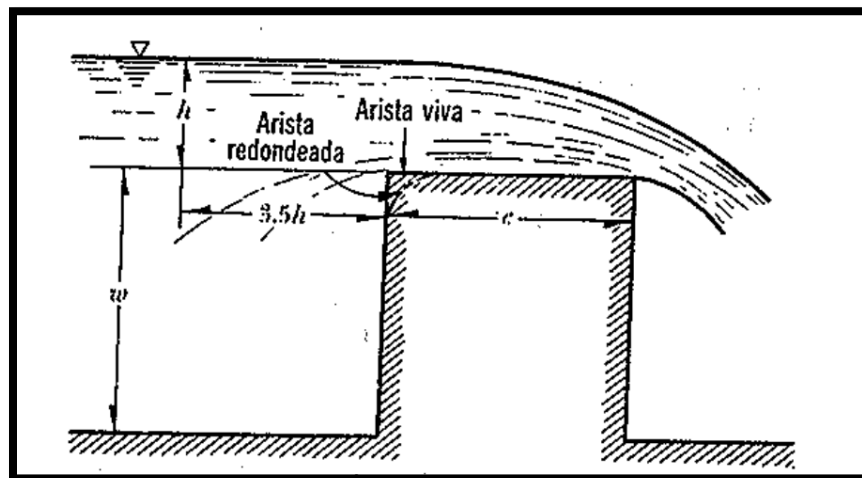
$$0.45 > 0.073$$

En la siguiente tabla se resumen los parámetros constructivos para la cascada de oxigenación:

Parámetro	Valor
Carga hidráulica a caudal promedio	24.3 L/s.m ²
Ancho de la cascada	4.0 m
Altura útil del escalón	25 cm
Longitud del escalón	45 cm
Altura del vertedero	45 cm
Espesor del vertedero	15 cm

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 8 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

DISEÑO ESCALONADO DE TIPO VERTEDERO RECTANGULAR						
Pasos	Descripción	Simb.	Datos	UNID	Criterios	Resultados
1	Coeficiente de gasto	μ		adim.	$\mu = \left[0.6035 + 0.0813 \left(\frac{h + 0.0011}{w} \right) \right] \left[1 + \frac{0.0011}{h} \right]^{\frac{3}{2}}$	0,626
2	Altura hacia la cresta del vertedor	w	0,45	m	Valor propuesto de implantación	
3	Carga hidráulica en el vertedor	h	0,1245	m	$Q = C b h^{3/2}$ Para elefecto se despeja h	
4	Coeficiente de descarga	C		adim.	$C_d = \frac{2}{3} \sqrt{2g\mu}$	2,34
5	Coeficiente de reducción para vertederos rectangulares	γ		adim.	$\gamma = 0.7 + \frac{0.185}{\frac{e}{h}}$	0,85
6	Espesor del vertedero	e	0,15	m	Valor propuesto de implantación	
7	Ancho del vertedero	b	4,00	m	Valor propuesto de implantación	
8	Caudal de diseño	Q	350	l/s	$Q = \gamma C_d b h^{\frac{3}{2}}$ Valor nominal de planta y de comprobación de la iteración	350



		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 9 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Figura 2. Vertedero de pared gruesa

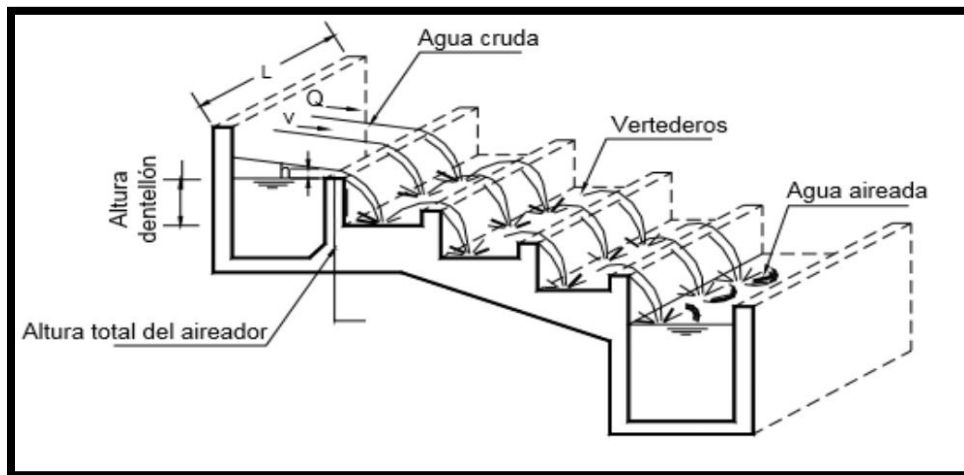


Figura 3. Vista lateral cascadas de aireación

CAPÍTULO 2. UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA – COAGULACIÓN

La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de purificación de agua el mezclador rápido tiene generalmente el propósito de dispersar rápida y uniformemente el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua. Esta dispersión debe ser lo más homogénea posible, con el objeto de desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar el proceso de coagulación. La coagulación es el proceso más importante en una planta de filtración rápida; de ella depende la eficiencia de todo el sistema.

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 10 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

La mezcla rápida puede efectuarse mediante turbulencia, provocada por medios hidráulicos o mecánicos, tales como: resaltos hidráulicos en canales, canaletas Parshall, vertederos rectangulares, tuberías de succión de bombas, mezcladores mecánicos en línea, rejillas difusoras, chorros químicos y tanques con equipo de mezcla rápida.

Para el presente proyecto se ha diseñado como unidad de mezcla rápida una canaleta rectangular con cambio de pendiente (mezclador tipo rampa) que presenta además la ventaja de servir como unidad de medición de caudal.

Parámetros de diseño

- 1.- Gradientes de Velocidad entre 700 y 1300 s⁻¹ y tiempos de retención menores de un segundo.
- 2.- Números de Froude (F) variables entre 4.5 y 9.0 para conseguir un salto estable.
- 3.- El coagulante debe aplicarse en el punto de mayor turbulencia (inicio del resalto), en forma constante y distribuido de manera uniforme en toda la masa de agua.

Modelos de comprobación

Canal rectangular con cambio de pendiente o rampa. Un cambio de pendiente en un canal es uno de los medios más simples de producir un salto hidráulico con fines de mezcla. Para comprobar si se están produciendo los valores recomendados de gradiente de velocidad y tiempo de retención una vez asumida la geometría del canal, es necesario calcular

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	Pág. 11 de 51

las alturas y velocidades conjugadas en las secciones 1 y 2 de la siguiente figura:

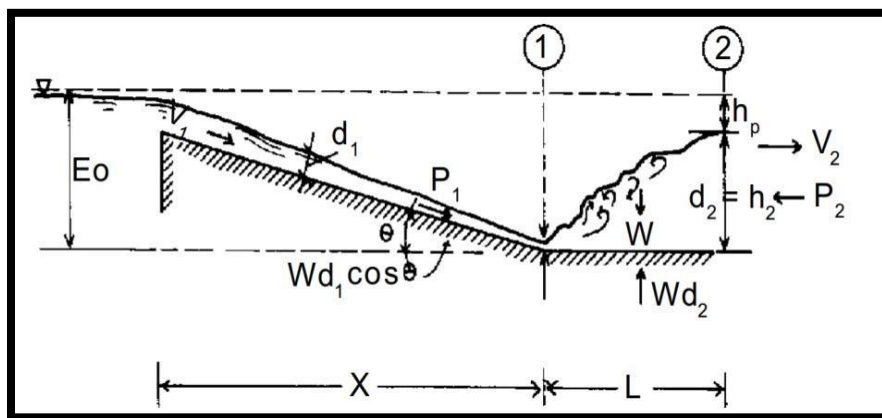


Figura 4. Perfil de resalto hidráulico

Al finalizar el cálculo, se debe comprobar lo siguiente:

La altura de la rampa más tirante de agua en el vertedero de coronación de la rampa debe ser igual a la pérdida de carga más altura del tirante aguas abajo del resalto.

Cálculo y resultados del mezclador hidráulico tipo rampa

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 12 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

CÁLCULO DEL MEZCLADOR HIDRÁULICO TIPO RAMPA								
Paso	Datos		Unidad	Criterios	Cálculos		Resultados	Unidad
1	Caudal de diseño		L/s	q=Q/B	q=	0,35	Caudal Unitario	m ³ /s/m
	Q=	350						
	Ancho del canal		m					
2	Longitud del plano		m	$\theta = \text{tg}^{-1}(E_o/X)$	$\theta=$	26,57	Inclinación de la rampa	radianes o grados sexagesimales
	X=	1,8						
	Altura de rampa		m					
3	Número de Froude			$K = \cos \theta (F + (\cos \theta / 2F))$	K=	4,92	Factor de resolución de la ecuación	-
	F=	5,42						
4				$\theta = \cos^{-1} [F^2 / (2/3 F K)^{3/2}]$	$\theta=$	66,94	Relación de alturas antes y después del resalto	-
				$a = d_2 / d_1$	a=	7,80		
				$a = (8 F K / 3)^{0.5} (\cos (\theta / 3))$				
5				$d_1 = [q^2 / (F^2 g)]^{1/3}$	d ₁ =	0,075	Altura antes del resalto	m
6				$h_1 = d_1 / \cos \theta$	h ₁ =	0,084	Profundidad antes del resalto	m
7				$V_1 = q / h_1$	V ₁ =	4,16	Velocidad al inicio del resalto	m / s
8				$F = V_1 / (g h_1)^{1/2}$	F=	4,58	Número de Froude (Comprobación)	-
9				$h_2 = d_2 = a d_1$	h ₂ =	0,59	Profundidad después del resalto	m
10				$L = 6(h_2 - h_1)$	L=	3,02	Longitud del resalto	m
11				$hf = (h_2 - h_1)^3 / 4h_1 h_2$	hf=	0,64	Pérdida de carga	m
12				$V = (h_1 + h_2) / 2) L B$	V=	1,01	Volumen del resalto	m ³
13	$\sqrt{y/\mu}$	3201		$G = \sqrt{y/\mu} \cdot \sqrt{Q h p / V}$	G=	1511	Gradiente de velocidad	s ⁻¹
	T=	22°C						
14				$T = V/Q$	T=	2,89	Tiempo de mezcla	s
15				$h = 1/6 h_2$	h=	0,10	Grada al final del resalto	m
16				$h_3 = (Q/1.84 B)^{2/3}$	h ₃ =	0,33	Altura de agua en el vertedero	m
17	e=	0,10		$N = B / e$	N=	10	Comprobación de la igualdad	
18				$V_2 = \frac{q}{h_2}$	V ₂ =	0,597	Velocidad a la salida del resalto	m/s

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 13 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Desde el resalto hidráulico hasta las unidades de floculación, se dispone de tres canales de conducción, los cuales salen desde el final del resalto, permitiendo una repartición homogénea de caudal, cada canal será de 0,4 m de ancho y un calado de 0,587m.

Los canales de conexión a los floculadores se calculan para tener una velocidad igual a la de la salida del resalto hidráulico 0,593 m/s, un $n=0,013$ para la fórmula de Manning, con la cual se calcula el calado y la pendiente requerida es del 0,753 ‰.

$$V = \frac{1}{n} S^{1/2} R_h^{2/3}$$

Cálculo del canal de interconexión

n	0,013
V	0,593
b	0,4
No. Canales	3
q	0,116
A área del canal	0,235
h Calado	0,587
Rh	0,149
Rh ^{2/3}	0,281
S m/m	0,0007526 33
S‰	0,7526

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 14 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

CAPÍTULO 3. FLOCULACIÓN

El objetivo del Floculador es proporcionar a la masa de agua de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para promover el crecimiento de los flóculos y su conservación, hasta que la suspensión de agua y flóculos salga de la unidad. La energía que produce la agitación del agua puede ser de origen hidráulico o mecánico. En el caso del presente proyecto se han contemplado el uso de floculadores hidráulicos de flujo vertical.

Parámetros y Recomendaciones de Diseño

Los gradientes de velocidad que optimizan el proceso normalmente varían entre 85 y 20 s⁻¹. En todo caso, en el primer tramo de la unidad el gradiente no debe ser mayor que el que se está produciendo en la interconexión entre el mezclador y el floculador.

- 1.- El gradiente de velocidad debe variar en forma uniformemente decreciente, desde que la masa de agua ingresa a la unidad hasta que sale.
- 2.- El tiempo de retención puede variar de 10 a 30 minutos, dependiendo del tipo de unidad y de la temperatura del agua.
- 3.- Para que el periodo de retención real de la unidad coincida con el de diseño, ella debe tener el mayor número posible de compartimentos o divisiones.
- 4.- El paso del mezclador al floculador deber ser instantáneo y deben evitarse los canales y las interconexiones largas.

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 15 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

5.- El tiempo de retención y el gradiente de velocidad varían con la calidad del agua. Por lo tanto, estos parámetros deben seleccionarse simulando el proceso en el laboratorio con una muestra del agua que se va a tratar.

6.- Pueden operar indefinidamente sin riesgos de interrupción, debido a que sólo dependen de la energía hidráulica. Por esta razón, son muy confiables en su operación.

Criterios para el dimensionamiento

1.- La selección del número aproximado (m) de compartimentos por tramo o canales de gradiente constante se puede determinar utilizando el criterio de Ritche.

$$m = 0.045 \sqrt[3]{\left(\frac{bLG}{Q}\right)^2 t}$$

b = ancho del tramo o canal

L = longitud del tramo

t = tiempo de retención del tramo

G = Gradiente de velocidad

Q = Caudal a tratar

2.- La pérdida de carga en las vueltas (h₂) se calcula mediante la siguiente expresión:

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 16 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

$$h_2 = \frac{[(m + 1)V_1^2 + mV_2^2]}{2g}$$

V1 = velocidad en los canales

V2 = velocidad en los pasajes u orificios de paso de un compartimiento a otro

La velocidad en los pasajes (V2):

$$V_2 = 2/3 V_1$$

El gradiente de velocidad en los canales (G1) se comprueba mediante la siguiente expresión:

$$G_1 = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \sqrt{\frac{1}{2g}} \sqrt{\frac{f}{4R_h}} V_1^{1.5}$$

f = Coeficiente de Darcy Weisbach, que varía entre 0.01 y 0.03. Se recomienda utilizar 0.02

Rh = A/P, radio hidráulico del canal

Estas consideraciones se tomarán en cuenta en el dimensionamiento de los floculadores hidráulicos de flujo vertical para lo cual se tienen tres módulos con una capacidad de 116.66 L/s cada uno (350 L/s en total).

Se calculan tres zonas de floculación, una para 60 s^{-1} , una para 45 s^{-1} , y una para 25 s^{-1} , de diferente tiempo de residencia, la primera zona 5.20 minutos, la segunda 6.50 minutos y la tercera 8.66 minutos (con lo que se comprueba un tiempo total de floculación de 20.36 minutos). Para lograr que el espaciamiento en cada canal de floculación tenga un ancho que permita

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 17 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

un adecuado mantenimiento, se diseña con una altura de 3,85 m y las velocidades de las zonas de 0.247 m/s, 0.198 m/s y 0.148 m/s respectivamente.

La Primera Zona de floculación contará con una hilada de pantallas de un ancho de 1,20m y un espaciamiento de 0,45m, con un total de 18 pantallas, 9 orificios inferiores y 9 vertederos superiores, los cuales tendrán una sección de paso de 0,688m.

La Segunda Zona de floculación contará con una hilada de pantallas de un ancho de 1,50m y un espaciamiento de 0,45m, con un total de 18 pantallas, 9 orificios inferiores y 9 vertederos superiores, los cuales tendrán una sección de paso de 0,688m.

La Tercera Zona de floculación contará con una hilada de pantallas de un ancho de 2,00m y un espaciamiento de 0,45m, con un total de 18 pantallas, 9 orificios inferiores y 9 vertederos superiores, los cuales tendrán una sección de paso de 0,688m.

Con estas dimensiones se procede al dimensionamiento hidráulico de la unidad.

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 18 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

DIMENSIONAMIENTO DE LOS FLOCULADORES DE PANTALLA DE FLUJO VERTICAL							
PRIMER TRAMO							
Paso	Datos	Unidad	Criterios	Cálculos		Resultados	Unidad
1	Caudal de diseño		$V = 60 \cdot Q \cdot T$	V=	139,2	Volumen total de la unidad	m ³
	Q=	116 L/s					
	Tiempo total de floculación						
2	T=		$B = V / H \cdot L$	B=	4,02	Ancho total de la unidad	m
	20 min						
	Longitud de la unidad						
3	L=		$t = H \cdot b \cdot L / Q \cdot 60$	t ₁ =	5,97	Tiempo de retención del primer canal	min
	9 m						
	Profundidad del floculador						
4	H=						
	3,85 m						
5	Ancho del 1er canal						
	b ₆ =						
6	1,2 m		$m = 0,045 [(b \cdot L \cdot G / Q)^2 \cdot t]^{1/3}$	m=	24,13	Número de compartimentos entre pantallas	N°
	Gradiente de velocidad en el primer tramo						
7	G=		$a = [L - e(m-1)] / m$	a=	0,35	Espaciamiento entre pantallas	m
	60 s ⁻¹						
8	Espesor de las pantallas		$V_1 = Q / (a \cdot b)$	V ₁ =	0,277	Velocidad en los canales verticales	m/s
	e=						
9	25 mm		$V_2 = 2/3 V_1$	V ₂ =	0,185	Velocidad en los pasos	m/s
10			$P_6 = (Q / V_2) / b_6$	P ₁ =	0,52	Altura del paso	m
11			$I = 60 V_1 t$	I=	99,26	Extensión total de canales del 1er tramo	m
12			$R_H = a \cdot b / 2(a + b)$	R _H =	0,135	Radio hidráulico del comportamiento entre pantallas	m
13	Coeficiente de Manning		$h_1 = [n V_1 / R_H^{2/3}]^2 \cdot I$	h ₁ =	0,018	Pérdida de carga continua en los canales	m
	n=						
14	0,013 constante		$h_2 = [(m+1)V_1^2 + mV_2^2] / 2g$	h ₂ =	0,14	Pérdida de carga en las vueltas	m
15			$hf = h_1 + h_2$	h _f =	0,16	Pérdida de carga total en el 1er tramo	m
16			$V = HbL - e(m-1) / b(H - P_2)$	V=	39,27	Volumen del tramo	m ³

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 19 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

SEGUNDO TRAMO							
15	$\sqrt{y/\mu}$	3313	$G = \sqrt{y/\mu} \cdot \sqrt{Q h p / \nabla}$	$G_1 =$	71,60	Comprobación del gradiente de velocidad total en el 1er tramo	s^{-1}
	T=	25°C					
16	Coeficiente Darcy Weisbach		$G_2 = n \sqrt{y/\mu} \cdot V^{1.5} / R_H^{2/3}$	$G_2 =$	23,82	Comprobación del gradiente de velocidad en el canal vertical	s^{-1}
	f=	0,020 constante					
17	Ancho del 2do canal		$t = H b_6 L / Q \cdot 60$	$t_2 =$	7,47	Tiempo de retención del segundo canal	min
	$b_6 =$	1,5 m					
m 18	Gradiente de velocidad en el 2do tramo		$m = 0,045 [(b \cdot L \cdot G / Q)^2 \cdot t]^{1/3}$	$m =$	24,89	Número de compartimientos entre pantallas	N°
	G=	45 s^{-1}		\approx			
19			$a = [L - e(m-1)] / m$	$a =$	0,34	Espaciamiento entre pantallas	m
20			$V_1 = Q / (a \times b)$	$V_1 =$	0,23	Velocidad en los canales verticales	m/s
21			$V_2 = 2/3 V_1$	$V_2 =$	0,153	Velocidad en los pasos	m/s
22			$P_0 = (Q / V_2) / b_0$	$P_2 =$	0,51	Altura del paso	m
23			$l = 60 V_1 t$	$l =$	102,62	Extensión total de canales del 2do tramo	m
24			$R_H = a \cdot b / 2 (a + b)$	$R_H =$	0,138	Radio hidráulico del comportamiento entre pantallas	m
25	Coeficiente de Manning		$h_1 = [n V_1 / R_H^{2/3}]^2 \times l$	$h_1 =$	0,012	Pérdida de carga continua en los canales	m
	n=	0,013 constante					
26			$h_2 = [(m+1)V_1^2 + mV_2^2] / 2g$	$h_2 =$	0,10	Pérdida de carga en las vueltas	m
27			$hf = h_1 + h_2$	$h_f =$	0,11	Pérdida de carga total en el 2do tramo	m
28			$V = HbL - e(m-1) / b(H - P_2)$	$V =$	48,98	Volumen del tramo	m^3

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 20 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

TERCER TRAMO							
29	$\sqrt{y/\mu}$	3313	$G = \sqrt{y/\mu} \cdot \sqrt{Q h p / V}$	$G_1 =$	53,77	Comprobación del gradiente de velocidad total en el 2do tramo	s^{-1}
	T=	25°C					
30	Coeficiente Darcy Weisbach		$G_2 = n \sqrt{y/\mu} \cdot V^{1.5} / R_H^{2/3}$	$G_2 =$	17,69	Comprobación del gradiente de velocidad en el canal vertical	s^{-1}
	f=	0,020 constante					
31	Ancho del 3er canal		$t = H b_6 L / Q \cdot 60$	$t_2 =$	9,96	Tiempo de retención del tercer canal	min
	$b_6 =$	2 m					
32	Gradiente de velocidad en el 3er tramo		$m = 0,045 [(b \cdot L \cdot G / Q)^2 \cdot t]^{1/3}$	$m =$	22,45	Número de compartimientos entre pantallas	N°
	G=	25 s^{-1}					
33			$a = [L \cdot e^{(m-1)}] / m$	$a =$	0,38	Espaciamiento entre pantallas	m
34			$V_1 = Q / (a \times b)$	$V_1 =$	0,15	Velocidad en los canales verticales	m/s
35			$V_2 = 2/3 V_1$	$V_2 =$	0,103	Velocidad en los pasos	m/s
36			$P_6 = (Q / V_2) / b_6$	$P_2 =$	0,57	Altura del paso	m
37			$l = 60 V_1 t$	$l =$	91,90	Extensión total de canales del 3er tramo	m
38			$R_H = a \cdot b / 2 (a + b)$	$R_H =$	0,159	Radio hidráulico del compartimiento entre pantallas	m
39	Coeficiente de Manning		$h_1 = [n V_1 / R_H^{2/3}]^2 \times l$	$h_1 =$	0,004	Pérdida de carga continua en los canales	m
	n=	0,013 constante					
40			$h_2 = [(m+1)V_1^2 + mV_2^2] / 2g$	$h_2 =$	0,04	Pérdida de carga en las vueltas	m
41			$hf = h_1 + h_2$	$h_f =$	0,04	Pérdida de carga total en el 3er tramo	m
42			$V = HbL - e^{(m-1)} / b (H - P_2)$	$V =$	65,78	Volumen del tramo	m³
43	$\sqrt{y/\mu}$	3347	$G = \sqrt{y/\mu} \cdot \sqrt{Q h p / V}$	$G_1 =$	29,65	Comprobación del gradiente de velocidad total en el 3er tramo	s^{-1}
	T=	25°C					
44	Coeficiente Darcy Weisbach		$G_2 = n \sqrt{y/\mu} \cdot V^{1.5} / R_H^{2/3}$	$G_2 =$	8,96	Comprobación del gradiente de velocidad en el canal vertical	s^{-1}
	f=	0,020 constante					

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 21 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Cálculo Conducto de Floculador a Sedimentador

n	0,013
V	0,123
b	1,10
No. Canales	3
q	0,116
A área del canal	0,8998
h Calado	0,818
Rh	0,329
Rh ^{2/3}	0,476
S m/m	0,0000112
S‰	6
S‰	0,01126

El material a emplear ha sido hormigón y a continuación se detalla la respectiva tabla de coeficiente de Manning:

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 22 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
Rev. 0		DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

CUADRO N° 2: COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (Manning) EN CANALES ABIERTOS Y CONDUCCIONES ELEVADAS		
CONDICIONES DEL CAUDAL DE AGUA	n	1/n
CANALES DE TIERRA SIN REVISTIR		
Tierra limpia y uniforme; canales recién ultimados	0,017	58,82
Curvatura suave, en légamo o arcilla sólidos, con depósitos de fangos, sin crecimiento de vegetación, en condiciones normales.	0,025	40,00
Hierba corta, poca malezas	0,024	41,67
Malezas densas en aguas profundas	0,032	31,25
Suelo accidentado con piedras	0,035	28,57
Mantenimiento escaso, malezas tupidas en toda la altura del caudal.	0,040	25,00
Fondo limpio, arbustos en los taludes	0,070	14,29
CANALES REVISTIDOS		
Ladrillos de mortero de cemento	0,020	50,00
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,015	66,67
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013	76,92
Ladrillos, paredes rugosas	0,015	66,67
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013	76,92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015	66,67
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,013	76,92
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011	90,91
Membrana de plástico sumergida	0,027	37,04
CONDUCCIONES ELEVADAS/CANALETAS/ACUADUCTOS		
Hormigón	0,012	83,33
Metal llano	0,015	66,67
Metal ondulado	0,021	47,62
Madera y bambú (llano)	0,014	71,43

Cuadro 2. Coeficiente de Manning

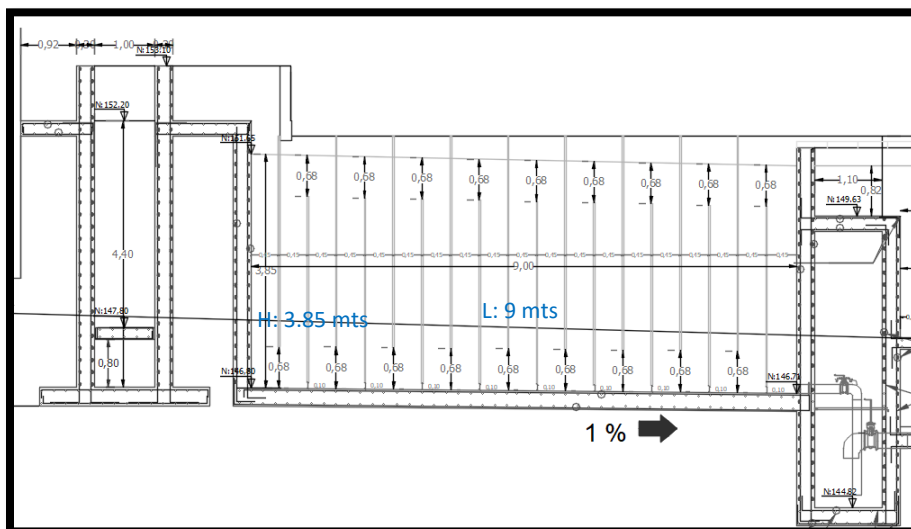


Figura 5. Vista lateral de floculadores

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	Pág. 23 de 51

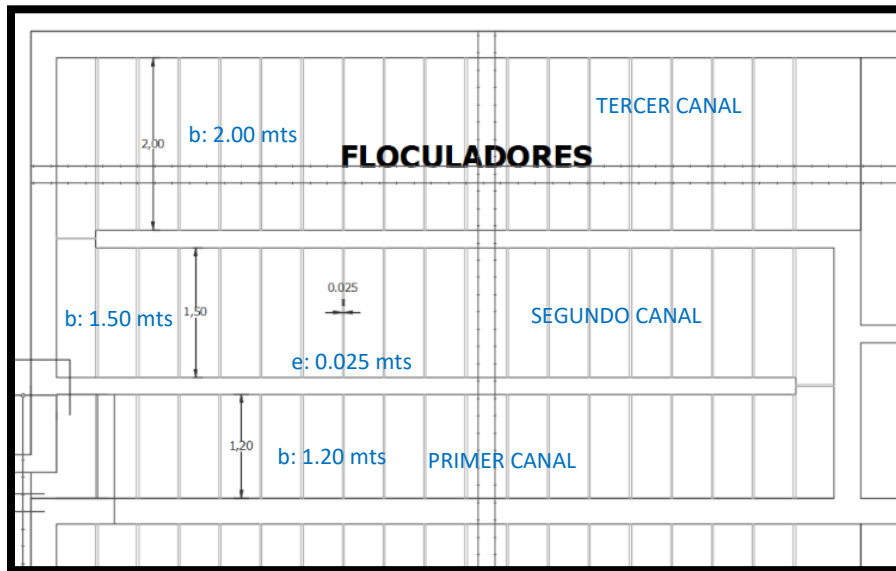


Figura 6. Vista en planta de floculadores

CAPÍTULO 4. SEDIMENTACIÓN

La sedimentación es el proceso por el cual el sedimento en movimiento se deposita. En términos de tratamiento de aguas la sedimentación consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. En la mayoría de los casos, el objetivo principal es la obtención de un efluente clarificado, pero también es necesario producir un lodo cuya concentración de sólidos permita su fácil tratamiento y manejo. En el proyecto de diseño de sedimentadores, es preciso prestar atención tanto a la obtención de un efluente clarificado como a la producción de un lodo concentrado.

Para esta etapa del proceso se propone la utilización de sedimentadores de alta velocidad (o módulos de sedimentación acelerada), para lo cual se ha adoptado una configuración de una serie de tubos hexagonales paralelos

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 24 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

colocados a un θ de inclinación, de modo que el agua asciende por las celdas con flujo laminar. Esta inclinación facilita la decantación ya que los fangos se deslizan a lo largo de las paredes y expulsan del fondo del tubo el agua, con lo que se obtiene una sedimentación continua y acelerada de los fangos.

Este tipo de configuración presenta varias ventajas con respecto a un decantador de placas planas, a saber:

- Al manejar velocidades ascensionales mayores a través del decantador se puede reducir considerablemente las dimensiones del decantador para un mismo caudal.
- Los sedimentadores tubulares tienen un diseño estructural que garantiza una gran área de contacto con el agua, aumentando el área de las tradicionales placas planas, lo cual permite obtener una decantación ordenada y dirigida, acelerando la precipitación de los fangos en una altura mínima, con eficiencias de remoción superiores al 90%.
- Con su diseño también se asegura el cubrimiento total del área del decantador, sin dejar espacios libres que repercuten en el mal tratamiento del agua, además la hidráulica del sistema evita riesgos de taponamiento, arrastre y re suspensión del lodo sedimentado.

Con los antecedentes antes expuestos, se evidencia la gran ventaja de utilizar módulos tubulares (hexagonales) en lugar de las convencionales placas planas, por lo que se procederá con los cálculos hidráulicos para esta configuración de sedimentación.

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 25 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

CALCULOS HIDRAULICOS PARA DETERMINAR EL AREA DE SEDIMENTACION									
PASO	DATOS	Simb.	VALOR	UNID	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	Simb.	UNID
1	Velocidad crítica de sedimentación de las partículas	V_p	2,00	cm/min	$V_{em} = \frac{V_p}{Sc} \left(\text{sen} \theta + \frac{\left(l - \frac{m}{\tan \theta} \right)}{m} \cos \theta \right)$	18,63	Velocidad del agua entre placas para la remoción total de partículas con velocidad de sedimentación igual o mayor a la considerada	Vem	cm/min
	Separación perpendicular entre sedimentadores	m	0,05	m					
	Angulo de inclinación de las placas	θ	60,00	°					
	longitud de sedimentador	l	1,20	m					
	Factor de Yao que define el tipo de sedimentador (placas separc/0.70m)	Sc	1,35	-					
2					$T_{SUP} = \frac{1440 \times V_{em} \text{sen}(\theta)}{100}$	232,35	Tasa superficial requerida	T_{SUP}	m ³ /m ² d
3	Caudal	Q	0,35	m ³ /s	$A_{SUP} = \frac{86400 \times Q}{T_{SUP}}$	130,10	Area superficial neta	A_{SUP}	m ²
4	Número de sedimentadores en paralelo	NS	3,00	u	$L_0 = \frac{A_{SUP}}{NS \times B}$	12,00	Longitud neta de la unidad	L_0	m
	Ancho útil de un sedimentador	B	3,60	m					

Canal central de distribución de agua floculada

Se tendrá dos ductos de repartición por cada módulo de 116 l/s, los cuales se ubica en el centro de las hiladas de sedimentación y por la parte inferior por debajo de los módulos hexagonales de sedimentación ingresará el agua para el reparto, este ducto cuenta con un ancho neto de 1.10m y una sección variable que permitirá una repartición uniforme, manteniendo para ello un velocidad lo más uniforme desde el inicio y el final, con esto se establece que la sección a la entrada será de 1,10m x 2,09m, y al final del ducto 1,10m x 0,60 m.

Si se disponen 27 orificios por lado, la distancia del primero será de 0,40m al centro, luego se colocarán a 0,50m de centro a centro de cada orificio, el caudal que pasará por cada orificio es $q = 0,0031 \text{ m}^3/\text{s}$, si se mantiene la misma velocidad de 0,15 m/s, se requiere un área de 0,021 m², si se mantienen ductos circulares, el diámetro requerido es de 163mm.

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 26 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Dimensionamiento del canal central de distribución de agua floculada							
Paso	Datos		Criterios	Cálculos		Resultados	Unidad
1	Caudal de un decantador en condiciones normales de operación		$Q_c = 1.25Q$	$Q_c =$	0,167	Caudal del canal durante el mantenimiento de una unidad	m3/s
	Q=	116 L/s					
2	Velocidad en los orificios		$Q_d = Q_c/2$	$Q_d =$	0,0835	Caudal de la mitad del canal	m3/s
	VL=	0,15 m/s					
3	Separación entre orificios		$AT = Q_d/VL$	AT=	0,56	Área total de orificios	m2
	a=	0,5 m					
4	Longitud total de canal		$N = \frac{(L - 2d)}{a}$	N=	26,0	Número de orificios a cada lado del canal	Unidad
	L=	13,8 m					
5	Distancia entre pared y 1er orificio		$N = \frac{(L - 2d)}{a}$	Considerando un orificio al inicio (distancia cero) en total son:	N=	26,00	Unidad
	d=	0,4 m					
6	Ancho del canal		$A_L = AT/N$	$A_L =$	0,021	Área de cada orificio	m2
7	B=		$d = \sqrt{4A_L/\pi}$	d=	0,1651	Diámetro de los orificios	mm
8	Altura mínima		$A_F = B \cdot h$	$A_F =$	0,66	Sección en el extremo final del canal	m2
	h=	0,6 m					
9	H=		$q_o = Q_d/N$	$q_o =$	0,0032	Caudal por orificio	m3/s
10	2,09 m						
11	H=		$Q_F = 2q_o$	$Q_F =$	0,006	Caudal al extremo final del canal	m
12	H=		$V_F = Q_F/A_F$	$V_F =$	0,010	Velocidad al extremo final del canal	m
13	Altura máxima del canal		$A_c = B \cdot H$	$A_c =$	2,299	Sección inicial del canal	m2
	H=	2,09 m					
14	Coeficientes experimentales		$V_c = Q_d/A_c$	$V_c =$	0,036	Velocidad en el extremo inicial	m/s
	$\beta_1 =$	1,798					
15	Del cuadro 1		$\beta_n = 1 + \vartheta + \vartheta \left[\frac{V_c}{VL} \right]^2$	$\beta_{24} =$	1,707	Coef. pérdida carga en el último orificio	m3
	$\vartheta =$	0,7					
15	$\varnothing =$		$V_{L_n} = Q_d / [A_L \cdot \sqrt{\beta} \cdot \sum 1/\sqrt{\beta}]$	$V_{L_1} =$	0,143	Velocidad real en el primer orificio	m/s
	20,37						
15	$\sum 1/\sqrt{\beta} =$		$\delta = (V_{L_{24}} - V_{L_1})/V_{L_{24}}$	$V_{L_{24}} =$	0,15	Velocidad real en el último orificio	m/s
	20,37						
15	$\delta =$		$\delta =$	4,81%	Desviación de caudal entre el primer y el último orificio	m/s	m/s
	4,81%						

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 27 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUA DECANTADA								
Paso	Datos		Criterios	Cálculos		Resultados	Unidad	
1	Caudal de diseño		L=Q/qr	L=	58	Longitud de tuberías de recolección	m	
	Q=	116						L/s
	Tasa de recolección							
	qr=	2	L/s.m					
2	Ancho total del módulo		$N^{\circ} = L/b$	N° =	32	Tubos de recolección	Unidad	
	B=	1,8						m
3	Espaciamiento entre orificios		$n = b/e$	n=	12	Número de orificios por tubo	Unidad	
	e=	0,15						m
4	Diámetro de los orificios		$A_o = d_o^2 \pi / 4$	A _o =	0,0003	Area de los orificios	m ²	
	do=	19						mm
5	Relación para colección uniforme con una desviación < 5%		$\frac{nA_o}{0,15} = A_c$	Ac=	0,023	Area de los tubos de recolección	m ²	
6			$D = (4A_c / \pi)^{0.5}$	D=	170	Diámetro del tubo	mm	

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 28 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

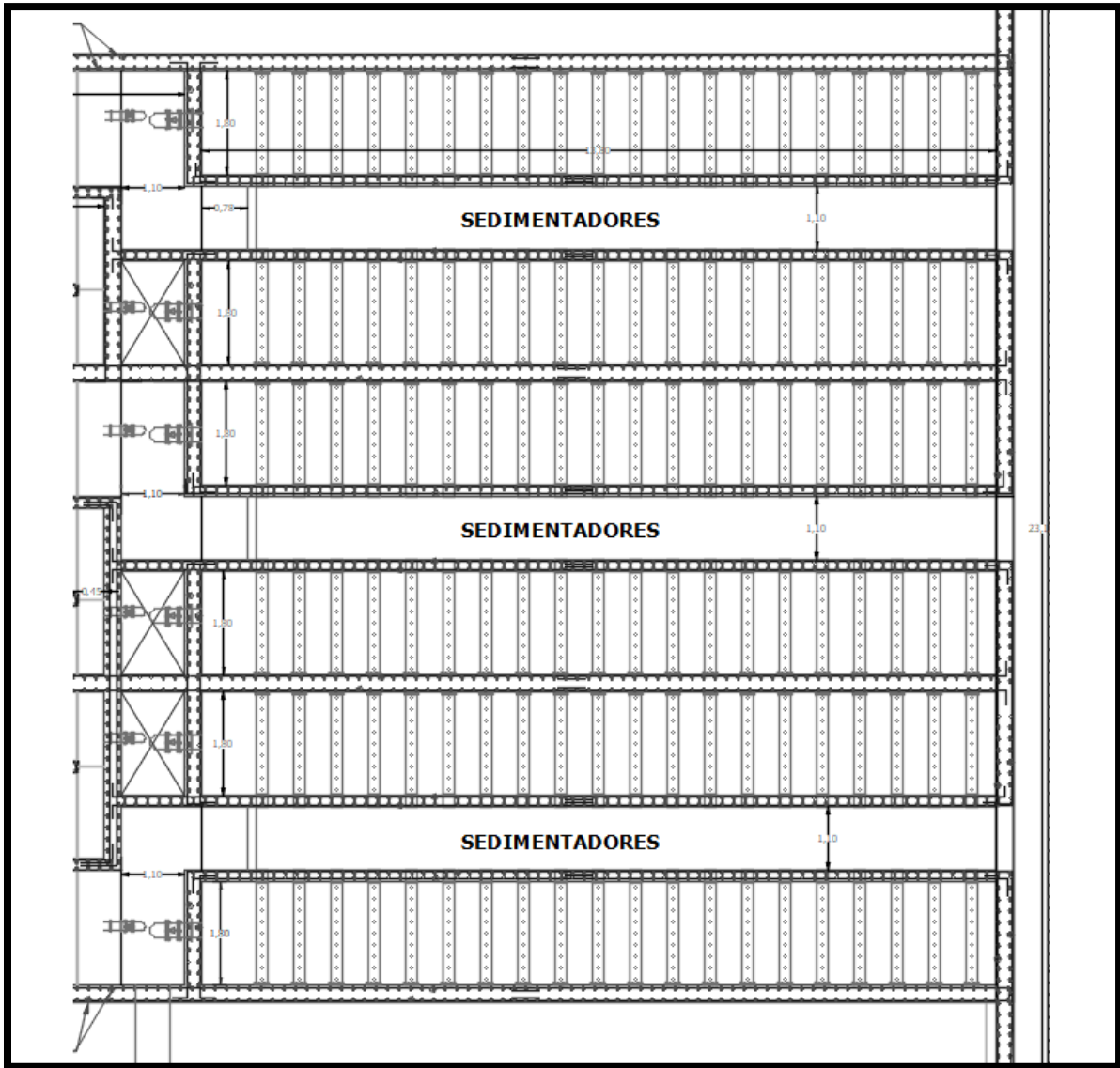


Figura 8. Vista en planta de sedimentadores

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	Pág. 29 de 51

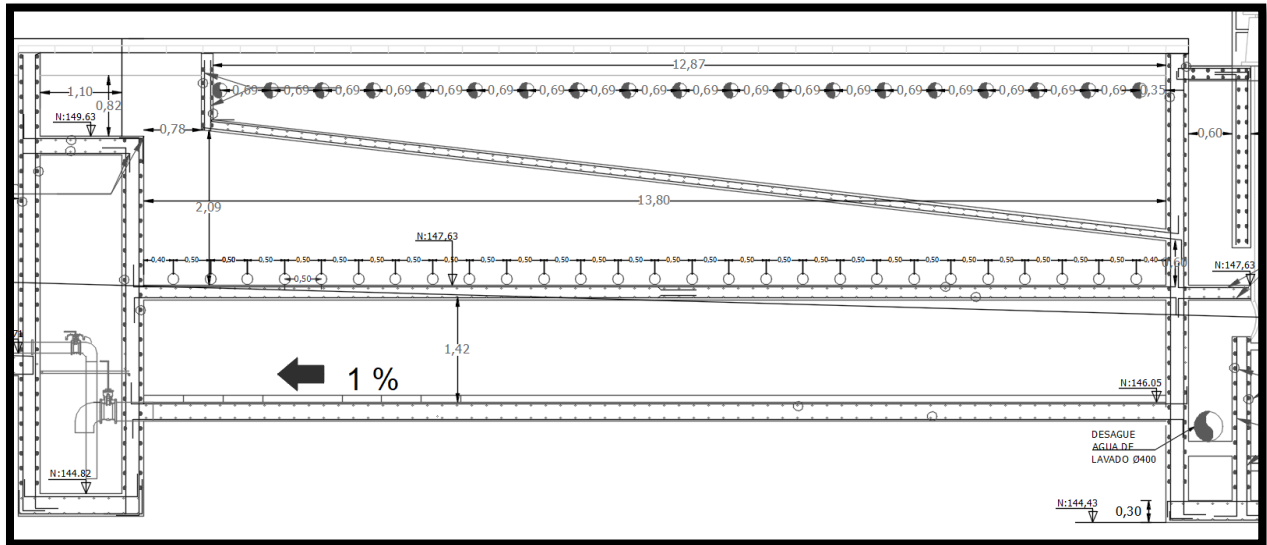


Figura 9. Vista lateral de sedimentadores

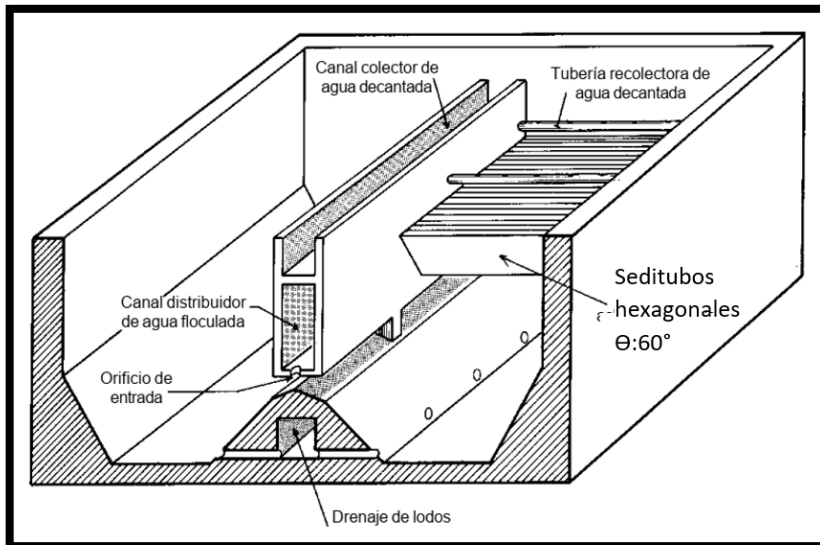


Figura 10. Vista transversal de sedimentadores

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	Pág. 30 de 51

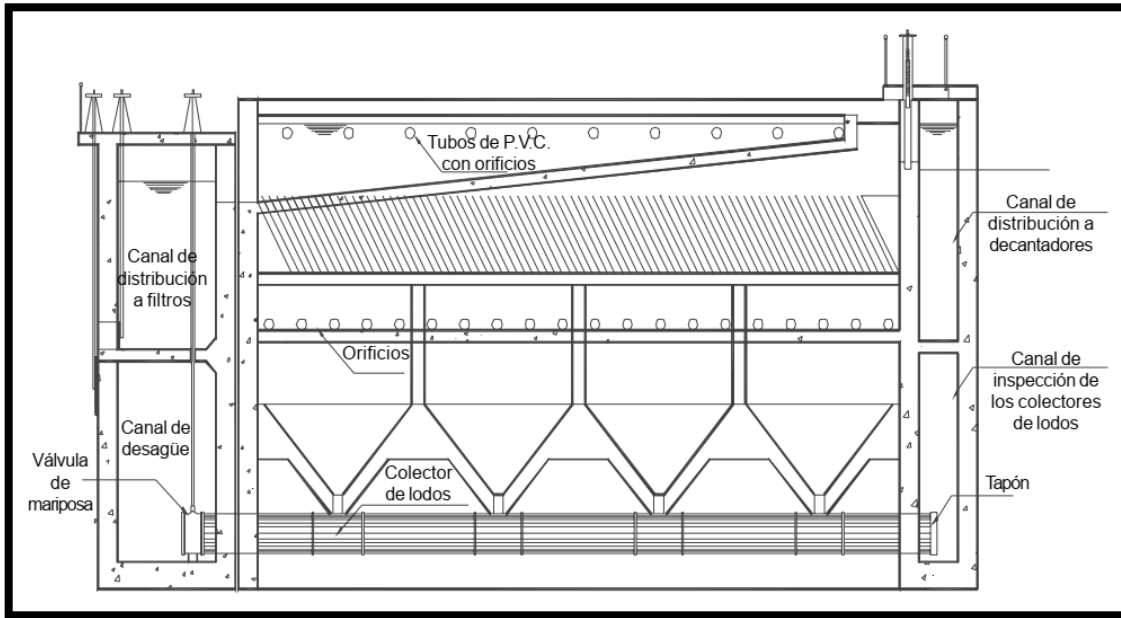


Figura 11. Vista perfil 2 de sedimentadores

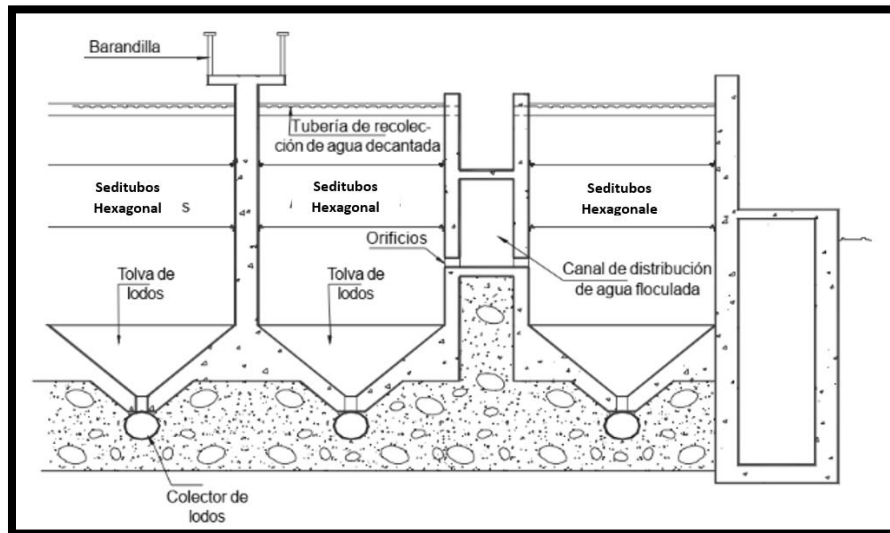


Figura 12. Vista perfil 3 de sedimentadores

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 31 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA “MANTA”	

CAPÍTULO 5. FILTRACIÓN

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad.

Para el presente proyecto se propone el uso de baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo ya que se consideran como tecnología apropiada debido a que reúnen las siguientes ventajas sobre otros sistemas de filtración:

- No requieren una carga hidráulica muy grande para operar. Los filtros de tasa constante operan con una carga hidráulica de 1,80 a 2 metros para completar una carrera de operación de 40 a 50 horas en promedio. En estas mismas condiciones, normalmente una batería de filtros operando con tasa declinante requiere una carga similar a la que necesitaría si estuviera operando con tasa constante, dividida por el número de filtros que componen la batería.
- No tienen galería de tubos. El transporte del agua decantada, filtrada, el agua para el retrolavado de los filtros y el desagüe del agua de lavado se efectúan mediante canales.
- No se requiere tanque elevado ni equipo de bombeo para efectuar el retrolavado de un filtro. A través del canal de interconexión y debido a un especial diseño hidráulico del sistema, el agua producida por lo menos por tres filtros retrolava a una unidad.

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 32 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

- La batería de filtros opera bajo el principio de vasos comunicantes. Las unidades están intercomunicadas por la entrada a través del canal de entrada y también del canal de interconexión en la salida. Por esta característica, las unidades presentan todos los mismos niveles y es posible controlar el nivel máximo de toda la batería, con un solo vertedero-aliviadero en el canal de entrada.

Consideraciones de diseño

Se diseñará 6 unidades de filtración rápida descendentes, de tasa declinante escalonada, de lecho dual arena antracita, su control será de tipo hidráulico, con retro lavado con carga y caudal de las otras unidades. Para garantizar la tasa declinante escalonada, el ingreso del agua será por la parte inferior del nivel de equilibrio y tendrán un canal común de ingreso para todas las unidades de filtración.

La tasa de filtración adoptada es de $320 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$, por lo que el área total requerida es de 108 m^2 , para cada una de las 6 unidades el área será de 18 m^2 , como el ancho de los filtros diseñados de 3,6m y las paredes interiores de 0,30m, el ancho total de los filtros es 23,70m. El ancho de la zona de cada filtración es de 3m, (1,5m por lado de cada filtro). Con esta dimensión y el área requerida se define el largo del filtro, dividiendo $18/3$ que nos da 6,0 m.

La velocidad de lavado se usará de 0.7 m/minuto, con la cual el caudal requerido para lavar cada filtro es de $0,7 \times 18/60 = 0,210 \text{ m}^3/\text{s}$.

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 33 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Geometría General del Medio Filtrante.-		
Plenum		0,50 m
Viguetas V		0,25 m
Grava		0,30 m
Arena		0,25 m
Antracita		0,40 m
Borde Libre		0,70 m
Total		2,40 m

Características del Medio Filtrante .-			
Arena	Antracita	Grava	
Lo= 0,25 m	Lo= 0,4 m	0,3 m	
		1/8 a	0,0
Po= 0,42	Po= 0,5	1/12	75 m
0,40 a	0,8 a	1/4 a	0,0
Te= 0,50	Te= 1,20	1/8	75 m
		1/2 a	0,0
Cu< 1,6	Cu< 1,8	1/4	75 m
			0,0
Ss> 2,5	Ss> 1,5	1 a 1/2	75 m
		3 filas de 2" al inicio	

Nota: se cuidará que $\frac{D_{90}}{D_{10}} = \frac{\text{Antracita}}{\text{Arena}} = 4 \text{ a } 3.3$

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 34 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Calculo del Canal de Desagüe de Agua de Lavado

El mismo está controlado por la válvula de salida, se supone un diámetro de válvula de 500 mm; $A=0,19635$; $K=0.65$

$$Q = KA \sqrt{2gh} \quad Q = 0,210 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad h = 0,138 \text{ m}$$

Proceso de Lavado.-

$$Q_{\text{lavado}} = 0,210 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo del falso fondo

Se tendrá viguetas en V las cuales tendrán un mínimo de pérdida de carga de 0.25 m, con lo cual se logrará una correcta distribución del caudal de lavado.

Si las vigas se estructuran de un ancho de 0,30 m y de alto de 0,25 m, se colocan paralelas al ancho, se necesitarán 20 vigas por filtro, si se tiene 20 orificios por lado por cada viga, se contará con 40 orificios por viga, el total de orificios por filtro por tanto es de 800, el caudal que pasa en el lavado por cada orificio es por tanto $0,210/800=0.0002625 \text{ m}^3/\text{s}$, con lo cual se define el diámetro.

$$Q = CA \sqrt{2gh} \quad C = 0,7$$

$$A = 0,000169 \text{ m}^2$$

$$D = 0,0147 \text{ mm}$$

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 35 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Se adopta Tubería de PVC Presión 20mm 4 Mpa Serie 3,1 Ø interno 0,0144 m

Revisión de la pérdida de carga hf para el diámetro seleccionado.

$$hf = 0.27 \text{ m} > 0.25 \text{ m}$$

Pérdida de carga durante el lavado (hf)

-En la válvula mariposa de interconexión diámetro 500 mm

$$A = 0,19635 \text{ m}^2 \quad V = 0,8021 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad hf = 0.00047 \text{ m}$$

-En el falso fondo hf=0.27 m

-En la Grava

$$hf = \frac{VL}{3} \quad V = \text{velocidad, } L = \text{altura del lecho de grava: } hf = 0.07 \text{ m}$$

-En la arena

$$hf = (Ss - 1)Lo(1 - Po) \quad hf = 0.203 \text{ m}$$

-En la antracita

$$hf = (Ss - 1)Lo(1 - Po) \quad hf = 0,08 \text{ m}$$

Pérdida de carga Total= 0,689 m se toma hf_L = 0.69 m.

Carga sobre el vertedero de lavado

$$Q = 1.84bh^{3/2} \quad b = 12 \quad h = 0,028 \text{ m}$$

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 36 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Nivel del Vertedero General de Salida de la Planta

$$0,69+0,028=0,717 \text{ m}$$

Altura que debe existir sobre el vertedero de lavado.

El vertedero de control, se encuentra a la salida de cada unidad de filtración, y en todas las unidades se ubican a la misma cota, en el presente caso se tiene un vertedero triangular de 0.90m, por lo que su altura h para el caudal promedio de tratamiento es de 0,264 m. Cuando se lava un filtro la altura h será 0,196m.

Con estos datos, la altura requerida sobre el vertedero de lavado con reajuste es de $h = 0,521 \text{ m}$. desde la cota de la canaleta de lavado hasta el borde de la v del vertedero.

Pérdida de carga durante el Filtrado

En el sistema de entrada en el cual se tendrá una compuerta de 500 mm, $K=1.2$, $q=0.06$ promedio cuando se lava una unidad.

$$\text{Entrada: } V = 0,306 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad hf = 0,005711 \quad 3,8 \times 10^{-8} \text{ Tasa}^2$$

-En la Antracita

$$hf = L_o * 0.8 \times 10^{-3} V \quad V = 320 \quad hf = 0,115 \quad 3,8 \times 10^{-4} \text{ Tasa}$$

-En la Arena

$$hf = L_o * 5 \times 10^{-3} V \quad hf = 0,4 \quad 1,25 \times 10^{-3} \text{ Tasa}$$

-En la Grava de Soporte

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 37 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

$$hf = \frac{VLo}{3} \quad V = 320 = 0.222 \frac{m}{mi} \quad hf = 0.222 \quad 6,994 \times 10^{-5} \text{ Tasa}$$

-En el falso fondo

$$A = 0.0977, q = 0,060, C = 0.7 \quad hf = 0.039 \quad 1.219 \times 10^{-4} \text{ Tasa}$$

-En el manífol

$$A = 1,8 \quad K = 2.5 \quad hf = 0.000$$

-En la válvula de salida

$$\emptyset = 500 \text{ mm} \quad A = 0.196 \quad q = 0.06 \quad V = 0.306 \quad K = 0.16$$

$$hf = 0.0007617 \times 10^{-9} \text{ Tasa}^2$$

Pérdida Total

-En el Canal 0.053

-En el Filtro 0.537

Total **0.59**

$$F=1.40$$

Con lo cual $hf = 0.826$ m, la carga disponible de filtración es 1.40 m

Cálculo de la Expansión del Lecho Filtrante

Se calcula la expansión para la arena y la antracita, se utilizan las fórmulas propuestas por Richter.

Se calcula para D_{60} de los materiales

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 38 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

$$\text{Antracita; } g = 981 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2} \quad d = 0.14 \quad Ss = 1.5 \quad \gamma = 0.00999 \quad V = 1.17 \text{ cm/s}$$

$$\text{Arena; } g = 981 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2} \quad d = 0.07 \quad Ss = 2.4 \quad \gamma = 0.00999 \quad V = 1.17 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$V = 0.7 \frac{\text{m}}{\text{min}} \text{ es igual a } 1.17 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Cálculo del número de Galileo

$$Ga = \frac{g(Ss - 1)d^3}{\gamma^2}$$

Arena 4720.19

Antracita 13486.28

Cálculo del número de Reynolds

$$Re = \alpha Ga^n$$

$$\alpha = 0.5321$$

$$\alpha = 0.2723$$

α = Coeficiente del material

$$n = 0.55554$$

$$n = 0.61333$$

n = índice del material

$$Re = 58.41 \text{ arena}$$

$$Re = 92.88 \text{ antracita}$$

Cálculo de la Velocidad de Sedimentación

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 39 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

$$V_s = \frac{\gamma Re}{d} \quad \frac{l}{m} = \beta Re^\theta$$

$$V_s = 8.336 \quad V_s = 6.628$$

$$\beta = 0.1254 \quad \beta = 0.1813 \quad \beta = \text{Factor de velocidad del material}$$

$$\theta = 0.1947 \quad \theta = 0.1015$$

índice de asentamiento del material

$$\frac{l}{m} = 0.277 \quad \frac{l}{m} = 0.287$$

Cálculo de la Porosidad expandida

$$Pe = \left[\frac{V}{V_s} \right]^{\frac{1}{m}}$$

$$Pe=0.580 \quad Pe=0.608$$

Cálculo de la expansión relativa

$$\varepsilon = \frac{Pe - Po}{1 - Pe}$$

$$Po=0.41 \quad Po=0.50 \quad Po=\text{Porosidad normal del material}$$

$$\varepsilon=0.293 \quad \varepsilon=0.178$$

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 40 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Longitud de expansión

$$Le = lo\varepsilon + lo$$

$$Le = 0.323 \quad Le = 0.471$$

Velocidad mínima de fluidificación fórmula de Wen y Yon

$$V_{nf} = \frac{\gamma}{d} (\sqrt{1135 + 0.0408Ga} - 33.7)$$

$$V_{nf} = 0.39 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \quad V_{nf} = 0.52 \frac{\text{cm}}{\text{s}} < 1.17 \text{ cm/s}$$

Expansión del Medio Diseñado

$$\varepsilon = \left[\left(\frac{le_{\text{Arena}} + le_{\text{Antracita}}}{lo_{\text{Total}}} \right) - 1 \right] * 100$$

$$\varepsilon = 22.15 \% \quad \varepsilon = 0.144 \text{ m menor que } 0.50 \text{ m}$$

Resumen del cálculo de la unidad de filtración

Concepto	Unidad	Rectan gular	
Caudal a Filtrar	l/s-m ³ /s	350	0,35
Número de unidades	Uni	6	
Tasa de filtración adoptada	m ³ /m ² /día	320	
Área de Filtración por Unidad	m ²	18	108
Ancho Total Adoptado de los Filtros	m	23,70	
Ancho de paredes	m	0,3	
Ancho interior de cada unidad	m	3	

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 41 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Largo interior de cada unidad	m	6
Velocidad de lavado adoptada	m/min	0,7
Caudal de lavado requerido	l/s	210
Características del medio Filtrante		
Altura de la Grava	m	0,30
Altura de la Arena	m	0,25
Altura del Antracita	m	0,40

Falso Fondo de Vigas en V	Adoptado	Calculado
Ancho de la Viga (25 a 30 cm)	0,3	
Altura de la Viga (25 a 30 cm)	0,25	
Número de Vigas		20
Número de Vigas Adoptado	20	
Ancho real de la Viga		0,3
Espaciamiento de los orificios (10 a 20 cm)	0,15	
Número de orificios por lado	20	21
Espaciamiento inicial y final		0,075
Número de orificios por viga		40
Área de cada orificio y de la viga	0,102	0,007
Área de cada orificio		0,000169
Diámetro de cada orificio		0,0147
Diámetro adoptado(PVC Presión Φ 20 mm Serie 3,1)	0,0144	
Área real de cada orificio		0,0001628
		61
		0,0977163
Área total de orificios calculada		26

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 42 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Pérdida de carga durante el lavado		
Falso Fondo		Vigas
Pérdida de carga Adoptada (20 a 30 cm)	m	0,25
Pérdida de carga Calculada	m	0,27
Grava		
Altura de la Grava	m	0,3
Pérdida de Carga calculada	$V*L/3$	0,07
Arena		
Altura de la Arena	m	0,25
Tamaño Efectivo		0,45
Porosidad		0,42
Peso Específico	Ton/m ³	2,4
Pérdida de carga en la Arena	$(Ss-1)Lo(1-Po)$	0,203
Antracita		
Altura de la Antracita	m	0,4
Tamaño Efectivo		1
Porosidad		0,5
Peso Específico	Ton/m ³	1,4
Pérdida de carga en la Antracita	$(Ss-1)Lo(1-Po)$	0,08
Ductos		
Diámetro adoptado de válvula	m	0,5
Entrada K=2	$K*(V^2/2g)$	0,066
Longitud de la tubería	m	0
	$10.64*L(Q/C)^{1,8}$	
hf En Tuberías	$5*D^{-4,87}$	0
hf Pérdida de entrada		0,066
Vertedero Triangular	m	0,264
Altura del Agua durante operación	m	0,264
Altura del Agua durante el lavado	m	0,196

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 43 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Vertedero de la canaleta de Lavado	m	0,90
Altura del agua sobre canaleta de lavado	m	0,028
Altura Vertedero control sobre borde canaleta de lavado		0,521
Altura Total Requerida	m	0,717
		0,521

Pérdida de Carga Durante el Filtrado	
Falso Fondo	Vigas
Caudal filtrado durante el lavado de un filtro	0,06
	0,03
Perdida en el dren	9
Grava	0,02
$Lo \cdot V / 3$ (V=m/minutos)	2
Arena	0,4
$Lo \cdot 0,005 \cdot V$	0,11
Antracita	5
$Lo \cdot 0,009 \cdot V$	0,5
Ductos de Entrada	0,01
Diámetro adoptado de la válvula entrada	2
Entrada K=2	0,5
Longitud de la tubería	0,01
En tuberías $10.64 \cdot L(Q/C)^{1,85} \cdot D^{-4,87}$	2
Perdida en la válvula K 0,16 y Codo K 0,5	0
Pérdida Ducto durante el lavado de un filtro	0,00
Pérdida durante el Filtrado	3
Factor de Sobre Tasa	0,01
	3
	0,59
	1,4

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 44 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA “MANTA”	

PÉRDIDA TOTAL		0,826
Altura Total del Filtro	Unidad	Altura
Plenum	m	0,50
Viguetas	m	0,25
Grava	m	0,30
Arena	m	0,25
Antracita	m	0,40
Borde Libre	m	0,90
Altura de Lavado	m	0,717
Carga sobre el vertedero de control adicional	m	0,068
Altura de filtrado	m	0,826
Carrera de los Filtros	m	0,40
Borde Libre	m	0,40
Total Filtro	m	5,011

DISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE A LOS FILTROS

En esta sección se diseñará el sistema de inyección de aire para la implementación del lavado aire – agua en las unidades de la PTAP “Manta”. El trazado de la tubería y la distribución de los equipos en el cuarto de sopladores se muestran en el respectivo plano del sistema de aire.

1. LÍNEA DE AIRE

A continuación, se desarrolla el dimensionamiento de las líneas de aire hasta los 6 filtros, tomando como estándar el filtro crítico de cada uno de ellos.

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 45 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Las áreas de los filtros son las siguientes:

$$A = 3.00\text{m} \times 6.00\text{m} = 18.00 \text{ m}^2$$

A continuación, se realizan los cálculos para verificar el caudal y presión necesarios de aire y el diámetro y pérdidas de carga en tuberías.

Para esta batería de filtros se realizaron los cálculos tomando el filtro crítico, que es el N°6, por ser el más alejado del cuarto de sopladores, y por ende la línea que mayor pérdida de carga tendrá.

El caudal de lavado requerido por el filtro de acuerdo con su área y con el caudal de aire recomendado por el tipo de falso fondo Leopold, será:

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q: Caudal de lavado con aire en m³/min

A: Área de filtro en m²

V: Velocidad de lavado ascensional en m³/m²/min

$$Q = 18.00 \times 1.219 = 21.94 \text{ m}^3/\text{min} = 774.8 \text{ SCFM}$$

De acuerdo con el método de longitudes equivalentes para accesorios, para el cálculo de las pérdidas por fricción en tuberías metálicas que conducen aire, con un diámetro de 102.26 mm (4") y un caudal de 21.94 m³/min (774.8 SCFM), la pérdida de carga será:

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 46 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA “MANTA”	

Calculating Pressure Drop










Flow rate	V	21.94	m ³ /min
Nominal pipe length	L	49.6	m
Nominal pipe inside diameter	Id	102.26	mm
Working pressure absolute	p	1.013	bar
Pressure drop	Δp	0.11	bar

La longitud nominal de tubería “Nominal pipe length” viene expresada por la suma de la longitud de los tramos rectos de tubería más la longitud equivalente de los accesorios en el circuito neumático. Así, para una **longitud de tramos rectos** igual a **35 m** (desde la caseta de sopladores hasta el punto de entrega al filtro más lejano), le corresponde una longitud equivalente de **14.6 m**, calculada según la tabla adjunta:

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 47 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Calculation Equivalent pipe length

SI - Units
 US - Units

Pipe diameter	DN	equivalent length [m]	Number
	100 ▾		
Elbow		6	<input type="text" value="0"/>
Elbow R=2d		1.2	<input type="text" value="0"/>
Elbow R=d		1.6	<input type="text" value="3"/>
T-piece through		2	<input type="text" value="0"/>
T-piece branch		6	<input type="text" value="1"/>
Seated valve		25	<input type="text" value="0"/>
Butterfly / ball valve		1.3	<input type="text" value="1"/>
Check valve		8	<input type="text" value="0"/>
Reduction piece (DN): 80		2.5	<input type="text" value="1"/>
Equivalent lengths of joints and fittings:			<input type="text" value="14.6"/> m

De acuerdo con los requerimientos del tipo de falso fondo, se deben tener en cuenta las siguientes pérdidas en la línea de aire:

Pérdida en el falso fondo = 23 mbar (0.33 PSI)

Pérdida de cabeza en el canal H = 111 mbar (1.61 PSI)

Columna de agua sobre el falso fondo = 133.8 mbar (1.94 PSI)

De donde la presión de descarga del soplador, incluyendo todos sus accesorios deberá ser:

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 48 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

$PDS = 110\text{mbar} + 23\text{mbar} + 111\text{mbar} + 133.8\text{mbar} = 377.8 \text{ mbar} = 5.48 \text{ PSI}$

De acuerdo a los cálculos, los requerimientos de caudal y presión necesarios a la entrada de cada filtro para un funcionamiento correcto y uniforme de retrolavado con aire son:

Caudal **774.8 SCFM** y Presión **5.48 PSI**

Tubería de 4" desde los sopladores y entrada a cada filtro en tubería de 3"

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los anteriores cálculos podemos concluir que la línea principal de aire a cada una de la baterías de filtros será en tubería de 102.26 mm (4") y los ramales de entrada a cada filtro en tubería de 77.9 mm (3").

Se utilizará tubería de hierro dúctil para los tramos donde va enterrada, acero al carbono para los tramos aéreos y acero inoxidable para los tramos en contacto con agua en los filtros.

2. SOPLADOR (BLOWER)

Para la definición del soplador adecuado y teniendo en cuenta los resultados de los cálculos preliminares, se tomarán en cuenta los requerimientos de caudal, presión y las condiciones atmosféricas bajo las cuales funcionará. Por tanto, se dimensionará con la capacidad de **774.8 SCFM** y **5.48 PSI** a la descarga del equipo.

Con base en las condiciones anteriores, se definieron los siguientes datos de entrada:

Fluido: Aire

Elevación: 150 m.s.n.m.

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 49 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Presión de entrada: 14.4 PSIG a 150 m.s.n.m.

Temperatura de entrada: 24 °C

Presión de descarga: 5.48 PSIG

Capacidad: 774.8 SCFM

De acuerdo con la curva de desempeño del equipo, el soplador seleccionado tendrá las siguientes especificaciones:

Tipo de soplante	Lóbulos Rotatorios
Número de lóbulos de la unidad soplante	Dos
Velocidad máxima de operación de la unidad	4500 RPM
Presión máxima	1000 mbar
Caudal máximo	800 SCFM
Potencia máxima del motor	43 kW
Brida de conexión	4"
Voltaje de operación	460 Voltios

El soplador debe tener las siguientes características y accesorios incluidos:

- Base elevada con aisladores de vibración
- Dispositivo para tensionamiento automático de las correas, no con tensores en el motor eléctrico
- Guarda correas totalmente cerrado
- Múltiple para el drenaje de aceite
- Filtro de admisión con indicador de presión diferencial y silenciador a la descarga

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 50 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

- Válvula de alivio, montada en fábrica
- Válvula cheque y compensador instalados de fábrica
- Manómetro
- Termómetro con interruptor para apagado del soplador por alta temperatura
- Cabina para disminuir en 20 dB(a) el nivel de ruido
- Gabinete eléctrico que incluye arrancador estrella triangulo para 60 HP, 460 voltios, con sistema de control, horómetro, botón de arranque, paro de emergencia y protecciones térmicas para el motor, todo dentro de un gabinete con protección IP55 para ser montado sobre pared.

Se recomienda la instalación de dos (2) equipos de sopladores, equipado cada uno con sus respectivos accesorios, con el fin de trabajar uno y el otro dejarlo de suplencia (stand-by), con el fin de operar alternadamente y/o en caso de mantenimiento o reparación.

Cálculo de la Tubería de desagüe de la Planta

El desagüe de la planta de tratamiento se diseña para evacuar la máxima capacidad de agua que las unidades pueden evacuar cuando se realiza operaciones de mantenimiento de las diferentes unidades, por lo que es importante establecer el caudal máximo que se produce en los desagües.

1.- Para dar mantenimiento de la unidad de Floculación se ha dispuesto válvulas de desagüe tipo mariposa de diámetro de 150mm, con lo que se puede definir el caudal máximo de salida de agua cuando se tiene la cota del agua con 3,85m de altura sobre la tubería de salida, aplicando la fórmula.

$$Q = CA\sqrt{2gh}$$

		EMPRESA PÚBLICA AGUAS DE MANTA	Pág. 51 de 51
		DIRECCIÓN TÉCNICA	
		DOCUMENTO N°: DISEÑO V01	
	Rev. 0	DISEÑO FUNCIONAL HIDRÁULICO DE LOS PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA "MANTA"	

Donde A es el área de la válvula de 150mm, que corresponde a $A=0,0176715\text{m}^2$, $C=0,7$ y $h=3,85$; con lo que da un $Q=0,1075\text{ m}^3/\text{s}$, si se operan las 3 válvulas se tiene $0,322\text{ m}^3/\text{s}$.

2.- Si se da mantenimiento a la unidad de sedimentación, la válvula de desagüe es de 300mm de diámetro, la altura del agua es de 4,25m, $C= 0,6$ con lo cual $A= 0,070686\text{ m}^2$, $Q=0,387\text{ m}^3$ Aproximadamente 350 l/s de producción de la planta, valor que es adoptado cuando descarguen el agua de la cámara de llegada.

3.- Desagüe del agua de lavado de los filtros, la cual se estableció que es de 158 l/s, el cual es un tramo independiente del ducto de salida del agua de los sedimentadores y de los floculadores, por lo que se calcula este tramo con el caudal señalado.

4.- A la tubería de desagüe de la Planta se incorporará el agua lluvia de los patios de la planta de tratamiento, tomando como precaución que no se debe dar mantenimiento a los sedimentadores cuando se tenga lluvia para no sobrecargar las tuberías de alcantarillado internas de la PTM.

Corregido por:

Ing. Miguel García R, Mg.
Profesional de Coordinación General
EP. Aguas de Manta