

# Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

## Maestría en Ingeniería Civil

Rita Alexandra Zamora Martínez  
Ingeniera civil  
Rita.zamora-m@mail.escuelaing.edu.co  
**Evaluación de la PTAR La Marina**

### Resumen

En este artículo se describe el funcionamiento y las características de diseño y operación de la PTAR La Marina, ubicada en la vereda Puerto Espejo de la ciudad de Armenia – Quindío <sup>(1)</sup>.

### Abstract

This article describes the performance and features of design and operation of the wastewater treatment plant La Marina, located in the village of Puerto Espejo City Armenia – Quindío <sup>(1)</sup>.

### Palabras claves

Aguas residuales, tratamiento de aguas residuales, Normas de vertimiento.  
Wastewater, wastewater treatment, Limits of disposal.

## 1. Introducción

La planta de tratamiento de aguas residuales La Marina, está construida en un lote ubicado al sur de Armenia en la finca del mismo nombre, de propiedad de Empresas Públicas de Armenia (EPA); fue diseñada para tratar las aguas residuales de origen doméstico, comercial, institucional e industrial del sur de Armenia en un proceso aerobio que incluye tratamientos primario, biológico y de lodos <sup>(2)</sup>. Concebida para funcionar en 3 módulos, cada módulo con una capacidad de tratamiento de 142,58 L/s.

## 2. Sistema de tratamiento

En la figura 1 se muestra el balance hídrico de la PTAR La Marina; los componentes del sistema de tratamiento primario, secundario y de lodos.

El sistema de tratamiento primario está compuesto por las siguientes estructuras: cribado, canales desarenadores, rampa de transición, trampa de grasas, tanque de igualación, desarenadores aireados y tamiz auto limpiante; este tratamiento tiene por objeto el retiro de sólidos, arenas, grasas y oxigenación del agua, con el fin de garantizar un proceso aerobio.

El sistema de tratamiento secundario lo componen las siguientes estructuras: 2 unidades de filtros percoladores y un clarificador, por cada módulo; en este tratamiento se remueve DBO soluble y sólidos suspendidos.

El tratamiento de lodos inicia en el espesador, donde se hace la reducción a partir del proceso de sedimentación separando la biomasa en lodo y lixiviado; seguido por el digestor primario en donde se le sube la temperatura a los lodos a través de un Serpentín para transformar la parte digerible de lodo en gases y reducir su peso; el proceso continua en el digestor secundario, donde las capas del líquido se purgan a través de válvulas para mejorar el espesamiento de los lodos. La digestión produce lodos totalmente mineralizados que no producen gran olor a la hora de ser evacuados a los lechos de secado para su proceso final de deshidratación.

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito  
 Maestría en Ingeniería Civil

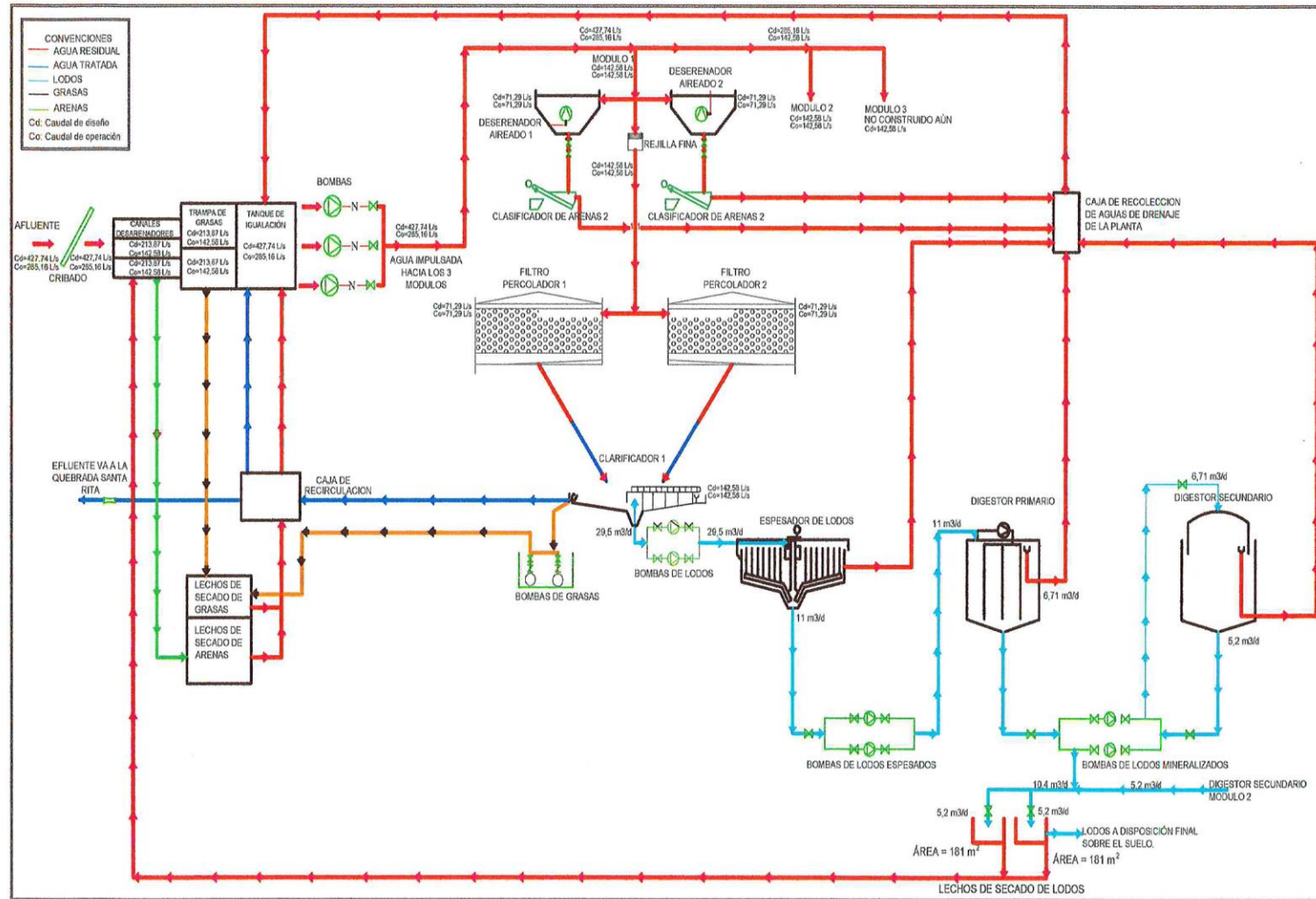


Figura 1. Balance hídrico de la PTAR La Marina (2).

# Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

## Maestría en Ingeniería Civil

### 3. Parámetros de diseño

En la tabla 1 se resume los parámetros de diseño de adoptados para la PTAR La Marina y se incluyen los valores pertinentes recomendados por el RAS 2.000.

Tabla 1. Parámetros de diseño de cada unidad de la PTAR La Marina <sup>(1,2,3)</sup>.

Estructura	Parámetro	Resultado	Valor según RAS 2000
Rejilla gruesa	Espaciamiento	75 cm	15 - 50 cm manualmente
	Velocidad mínima de aproximación	1,05 m/s	0,3 – 0,6 m/s
	Velocidad mínima entre barras	1,5 m/s	0,3 – 0,6 m/s
	Pérdida de carga	8,4 cm	≤ 75 cm
Rejilla fina	Espaciamiento	25 mm	15 - 50 mm
	Velocidad mínima de aproximación	1,1 m/s	0,3 – 0,6 m/s
	Velocidad mínima entre barras	1,3 m/s	0,3 – 0,6 m/s
	Pérdida de carga	4 cm	≤ 75 cm
Canales desarenadores	Geometría	Profundidad 1,53 m	2 – 5m
		Relación largo : ancho 15,5 : 1	2,5:1 – 5:1
		Relación ancho : profundidad 0,62 : 1	1:1 – 5:1
	Localización	Se localizan antes de las la estación de bombeo.	Antes de la estación de bombeo y sedimentación primaria.
	Unidades construidas	3 unidades, cada unidad tiene la capacidad de operar el caudal de diseño.	Mínimo 2 unidades para cualquier nivel de complejidad.
	Carga superficial	1.322,72 m <sup>3</sup> /d	700 – 1.600 m <sup>3</sup> /d
	Tiempo de retención	49 segundos	20 s – 3 min.
	Estructura de control del caudal	Vertedero Sutro	Vertedero Sutro o proporcional
	Limpieza	Limpieza manual con agua o cepillo.	Para este caudal se recomienda limpieza mecánica con chorros de agua en las paredes
Almacenamiento de arenas	Se controla la salida de arenas por medio de una válvula.	Sacar las arenas por medio de palas.	
Trampa de grasas	Área mínima	41,66 m <sup>2</sup>	por cada L/s, es decir 53,47 m <sup>2</sup>
	Geometría	Relación Ancho : Longitud 1 : 1.3	1:4 - 1:18
	Carga Superficial	443 m <sup>3</sup> /d	-
	Tiempo de retención	9,4 min.	≥ 5 min.
	Salida de la trampa de grasas	La sumergencia a la salida es de 3,70m y con respecto al fondo del tanque está ubicada a 0,40m.	La sumergencia a la salida debe ser mínimo de 0,9m y con respecto al fondo del tanque debe estar ubicada mínimo a 0,15 m.
Desarenadores aireados	Geometría	4,93 m de altura	2,5 – 5 m de altura
		Cámara superior 7,50 m de diámetro	1 – 7 m de diámetro
		Cámara inferior 0.152 m de diámetro	1 – 2 m de diámetro
	Carga superficial	139,4 m <sup>3</sup> /d	700 – 1.600 m <sup>3</sup> /d
Tiempo de retención	17 min	-	

**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**  
**Maestría en Ingeniería Civil**

Tabla 1. Parámetros de diseño de cada unidad de la PTAR La Marina <sup>(1,2,3)</sup>.

(Continuación)

Estructura	Parámetro	Resultado	Valor según RAS 2000	
Filtros percoladores	Geometría	Diámetro= 12 m Profundidad = 9,8 m	Diámetro $\leq$ 60 m Profundidad: 1,5 m - 12 m.	
	Profundidad del lecho filtrante	6.14 m	3,0 – 12,2 m	
	Distancia entre brazo distribuidor y medio filtrante	1 m	> 15 cm	
	Medio filtrante	Rosetones en PRFV, con una duración de 50 años.		Medio plástico manufacturado, durable, insoluble y no debe partirse o aportar sustancias no deseables al agua tratada.
		Área Superficial 100 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>		82 – 115 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
		Densidad 50		Densidad 32,04 – 62.08 kg/m <sup>3</sup>
		Relación de vacíos > 95 %		> 95 %
	Carga Hidráulica	54 m/d	14 – 84,2 m/d	
	Carga Orgánica	3.44 kg DBO/m <sup>3</sup> d	0,5 – 1,6 kg DBO/m <sup>3</sup> d $\leq$ 4,8 <sup>(3)</sup> kg DBO/m <sup>3</sup> d	
	Eficiencia de remoción de DBO, %	82%	65 – 80 %	
	Ventilación natural	Drenes inferiores o canales no deben llenarse más del 50%.	Drenes inferiores o canales no deben llenarse más del 50%.	
	Pozos de ventilación en la periferia	El dren inferior sirve como pozo de ventilación en la periferia.	Pozos de ventilación en la periferia	
Drenes con aberturas 15% del área del filtro	17 m <sup>2</sup>	$\geq$ 19 m <sup>2</sup>		
El volumen aplicado por m <sup>2</sup> $\leq$ 10% del volumen	54,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	$\leq$ 69 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>		
Clarificador	Diámetro	25 m	3 – 60 m	
	Pendiente de fondo	11,30%	6 – 17 %	
	Radio no debe exceder la profundidad	4,46 veces	5 veces	
	Carga superficial caudal promedio	25 m/d	16 – 24 m/d	
	Carga superficial caudal pico	47	40 – 48 m/d	
	Tasa másica de carga	1,8 kg SS/m <sup>2</sup> d	72 - 123 kg SS/m <sup>2</sup> d	
	Profundidad del tanque	2,8 m	3 – 3,6 m	
	Tiempo de retención	3,2 h	-	
Espesador	Tasa de desbordamiento superficial	1,9 m/d	< 16 m/d	
	Tasa de carga másica	58 kg/m <sup>2</sup> d	40 – 50 kg/m <sup>2</sup> d	
	Altura	2 m	2 – 5 m	
	Profundidad de almacenamiento	La zona de alimentación se encuentra en la cubierta del espesador.	La zona de alimentación debe estar por encima del manto de lodos.	
	Control de olores	El espesador está ubicado cerca a las otras estructuras de tratamiento.	El espesador debe estar retirado de la PTAR, a 300 m para el control de olores.	
	Tiempo de retención	1 d	-	
Digestor primario	Volumen	111m <sup>3</sup>	$\geq$ 111 m <sup>3</sup>	
	Tiempo de retención	10 d	10 – 20 d, para alta tasa	
	Tasa de carga volumétrica	4,5 kg SSV/m <sup>3</sup> d	1,6 - 4,8 kg SSV/m <sup>3</sup> d	
	Sobrenadantes	Diámetro de tubería 1 ½"		$\geq$ 6
		3 Niveles de remoción.		$\geq$ 3 Niveles de remoción.
	Sobrenadantes	No tiene tubería de emergencia para salida de sobrenadantes.	Tubería de emergencia para salida de sobrenadantes, sin válvula.	
	Pendiente de fondo	1:10	Mínimo 1: 14	
Registros de inspección	1 unidad de 80cm de diámetro.	2 unidades de 90cm de diámetro.		

**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**  
**Maestría en Ingeniería Civil**

Tabla 1. Parámetros de diseño de cada unidad de la PTAR La Marina <sup>(1,2,3)</sup>.

(Continuación)

Estructura	Parámetro	Resultado	Valor según RAS 2000	
Digestor secundario	Volumen	111 m <sup>3</sup>	≥ 111 m <sup>3</sup>	
	Tiempo de retención	16,6 d	10 – 20 d, para alta tasa	
	Tasa de carga volumétrica	4,7 kg SSV/m <sup>3</sup> d	1,6 - 4,8 kg SSV/m <sup>3</sup> d	
	Sobrenadantes	Diámetro de tubería 1 ½"		≥ 6
		No tiene tubería de emergencia para salida de sobrenadantes.		Tubería de emergencia para salida de sobrenadantes, sin válvula.
		3 Niveles de remoción.		≥3 Niveles de remoción.
	Pendiente de fondo	1:10		Mínimo 1: 14
Registros de inspección	1 unidad de 80cm de diámetro.		2 unidades de 90cm de diámetro.	

Analizando la Tabla 1, se identifican las unidades que están por fuera de los parámetros recomendados por el RAS 2.000, dichas unidades son: rejilla gruesa, canales desarenadores, trampas de grasas, clarificadores, espesadores, digestores primarios, digestores secundarios y lechos de secado de lodos; adicionalmente se identificaron algunas estructuras a las que se le puede optimizar su eficiencia como lo son desarenadores aireados tipo vórtice.

#### 4. Operación

Los resultados de operación con base en los muestreos compuestos del 15 de agosto y 4 de septiembre de 2.015, en el afluente y efluente, se presentan en la tabla 2.

**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**  
**Maestría en Ingeniería Civil**

Tabla 2. Resultados de operación <sup>(1, 2)</sup>

Parámetro	Unidades	Afluente			Efluente			Resolución n° 0631 de 2.015	% Eficiencia
		15/08/2.015	4/09/2.015	Promedio	15/08/2014	4/09/2.015	Promedio		
Coliformes fecales	NMP/100 mL	58.000.000	170.000.000	114.000.000	34.000.000	20.000.000	27.000.000	-	76
Coliformes totales	NMP/100 mL	178.000.000	1.400.000.000	789.000.000	152.000.000	110.000.000	131.000.000	-	83
DBO	mg/L	221	222	222	53	62	58	70	74
DQO	mg/L	645	680	663	223	300	262	150	61
Grasas y aceites	mg/L	123	74	99	18	30	24	10	76
Nitratos	mg/L	2,3	2,8	2,5	2,2	1,58	1,9	-	25
Nitritos	mg/L	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,01	-	0,00
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	106	36	71	48	41	44	-	37
Sólidos disueltos totales	mg/L	548	498	523	490	520	505	-	3,4
Sólidos suspendidos totales	mg/L	208	232	220	46	73	60	70	73
Tensoactivos	mg/L	7	14	10,6	4,6	6,1	5,4	-	49
Turbiedad	UNT	205	198	201,5	35	65	50	-	75
Caudal promedio	L/s	57	57	57	57	57	57	-	-
Conductividad	µS/cm	937	793	865	447	865	656	-	24
Oxígeno disuelto	mg/L	1,6	1,1	1,3	2,7	2,5	2,6	-	-
pH	Unidades	7,5	7,6	7,6	7,6	7,7	7,6	6 - 9	-
Sólidos sedimentables	mL/L	7,3	6,3	6,8	0,1	1,1	0,6	5	91
Temperatura	° C	24,3	25	24,6	24,3	25,6	24,9	-	-

La operación de la PTAR cumple con la norma requerida por la resolución 0631 de 2.015 en lo referente a DBO, sólidos suspendidos totales, pH y sólidos sedimentables. Sin embargo excede los límites para DQO y grasas y aceites.

## 5. Conclusiones

Para un análisis certero de los rendimientos de la PTAR es necesario realizar los análisis de calidad de agua cruda y agua tratada con una frecuencia semanal por lo menos.

Para mejorar el barrido de grasas es necesario optimizar la recolección y el drenaje en los lechos de secado, minimizando el tiempo de retención, para lo cual se recomienda la instalación de una tubería en PVC de 4", en el fondo cada lecho, y sobre esta disponer capas de grava de 1", ½" y 1/8", cada una de ellas con un espesor mínimo de 10 cm, y así sobre estas disponer una capa de arena gruesa en un espesor de 35 cm y una hilera de ladrillo recocido. Las arenas y gravas deben estar limpias libres de arcillas, polvo, ceniza y ser suministradas en bolsas para evitar su contaminación, el coeficiente de uniformidad de la grava debe estar entre 3,5 y 4 <sup>(3)</sup>.

## **Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**

### **Maestría en Ingeniería Civil**

Con el fin de disminuir la DQO, se sugiere modificar los desarenadores aireados en sedimentadores primarios o construir en el tercer módulo un sedimentador primario en lugar de dos desarenadores aireados, para mejorar la remoción de DBO.

Adicionalmente para optimizar la remoción de materia orgánica se recomienda que se llenen los filtros percoladores con 128 m<sup>3</sup> de rosetones con el fin de aumentar la producción de biomasa activa <sup>(1)</sup>.

#### **Referencias**

- 1 ZAMORA MARTINEZ, Rita Alexandra. Evaluación PTAR La Marina. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería, 2.016. 121 p.
- 2 APARICIO, Edwin. Diseños planta de tratamiento de aguas residuales La Marina. Bogotá: Consorcio PTAR, 2.012. 19 p.
- 3 MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÒMICO DIRECCIÒN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÀSICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá D.C. RAS, 2.000. 144p.