

**Maestría en Ingeniería Civil**

**Inventario de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales  
del Departamento del Meta**

**Diana Elenith Rey Ríos**

**Bogotá, D.C. 20 de Abril de 2017**

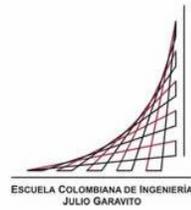


**Inventario de los sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales  
del Departamento del Meta**

**Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería  
Civil, con énfasis en Ingeniería Ambiental Modalidad  
Profundización**

**Jairo Alberto Romero Rojas**  
**Director**

**Bogotá, D.C. 20 de Abril de 2017**



La tesis de maestría titulada “Inventario de los sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de los municipios del Meta”, presentada por Diana Elenith Rey Ríos, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería Ambiental.

Director de la Tesis

Ing. Jairo Alberto Romero Rojas

Jurado

Ing. Héctor Matamoros

Jurado

Ing. María Carolina Romero

## **Dedicatoria**

Primeramente a Dios quien junto con mi Hijo, fueron el motivo para luchar por esta meta y afrontar todos los obstáculos que se presentaron en el transcurso de su realización.

Una mención especial de gratitud al ingeniero Jairo Romero director de tesis y a las personas que me brindaron su apoyo hasta su culminación.

## RESUMEN

En este trabajo se presenta el inventario de los sistemas de tratamiento de aguas residuales del Meta, factor determinante dentro del Saneamiento Básico. La información recopilada de cada uno de los sistemas, incluye su descripción, elaboración de diagramas de flujo, caracterización fisicoquímica de las aguas residuales y evaluación de acuerdo con los parámetros establecidos en el Decreto 1594 de 1984 y en la Resolución 0631 del 2015. El ejercicio permite evidenciar la existencia de nueve sistemas de tratamiento de aguas residuales construidos, de los cuales dos de ellos no están cumpliendo con la normatividad vigente.

## Índice General

INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO LEGAL.....	2
OBJETIVOS .....	5
1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	6
2. CARACTERÍSTICAS DEL DEPARTAMENTO DEL META .....	7
2.1. Población .....	7
2.2 Nivel de Complejidad.....	8
2.3 Cobertura de Alcantarillado .....	9
2.4 Población Servida .....	11
3. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DEPARTAMENTO DEL META.....	12
3.1 Acacías .....	14
3.2 Cabuyaro.....	20
3.3 Castilla La Nueva .....	22
3.4 Cumaral.....	28
3.5 El Castillo. ....	35
3.6 Guamal .....	42
3.7 Puerto Gaitán .....	48
3.8 San Martín.....	53
3.9 Uribe .....	58
4. SISTEMA DE ALCANTARILLADO: .....	63
4.1 Acacías.....	63
4.2 Cabuyaro .....	64
4.3 Castilla la Nueva .....	64
4.4 Cumaral.....	65
4.5 El Castillo.....	65
4.6 Guamal .....	66
4.7 Puerto Gaitán.....	66
4.8 San Martín .....	67
4.9 Uribe .....	67

4.10 Relación de longitud de Red/Habitante .....	67
5. FUENTES RECEPTORAS.....	69
6. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO Y OPERACIÓN .....	70
6.1 Caudales de diseño.....	70
6.2 Características de Operación .....	71
CONCLUSIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nivel de complejidad Municipios del Meta.....	8
Figura 2. Cobertura de Servicio de Alcantarillado .....	10
Figura 3. Cobertura alcantarillado municipios del Meta .....	10
Figura 4. Ubicación geográfica PTAR Acacías.....	14
Figura 5. Diagrama de flujo PTAR Acacías.....	14
Figura 6. By-Pass , STAR Acacías .....	15
Figura 7. Rejillas de la PTAR .....	15
Figura 8. Cámara de Distribución de Caudales.....	18
Figura 9. Sedimentador secundario PTAR Acacías .....	18
Figura 10. Sedimentador secundario PTAR Acacías .....	18
Figura 11. Pozo bombeo de Lodos .....	19
Figura 12. Diagrama de Flujo STAR Cabuyaro .....	20
Figura 13. Diagrama de flujo PTAR Castilla la Nueva .....	22
Figura 14. Canales, rejillas.....	23
Figura 15. Compuertas .....	23
Figura 16. Reglilla.....	23
Figura 17. Reactor UASB .....	24
Figura 18. Quemador de biogás .....	26
Figura 19. Sedimentador Secundario.....	26
Figura 20. Lecho de secado de lodos .....	27
Figura 21. Tanque contacto con cloro.....	27
Figura 22. Diagrama de flujo PTAR Cumaral .....	28
Figura 23. Tratamiento Preliminar.....	29
Figura 24. Tanque de Bombeo .....	30
Figura 25. Filtro percolador .....	31
Figura 26. Filtro percolador .....	31
Figura 27. Sedimentador secundario .....	31
Figura 28. Bombeo de lodos .....	32
Figura 29. Tanque de Contacto con cloro .....	33
Figura 30. Espesador de Lodos .....	33
Figura 31. Lecho de secado de lodos .....	34
Figura 32. Diagrama de Flujo PTAR El Castillo.....	35
Figura 33. Diagrama de flujo PTAR Guamal .....	43
Figura 34. Filtro Aerobio .....	45
Figura 35. Diagrama de flujo PTAR Puerto Gaitán.....	48
Figura 36. Diagrama de flujo PTAR San Martín .....	53
Figura 37. Diagrama de flujo PTAR Uribe .....	58

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del Departamento del Meta .....	6
Ilustración 2. Desarenador PTAR - Acacías.....	15
Ilustración 3. Tanque de bombeo PTAR Acacías.....	16
Ilustración 4. Tanque de Bombeo PTAR Acacías .....	16
Ilustración 5. Filtro percolador PTAR Acacías.....	17
Ilustración 6. Falso fondo del filtro percolador .....	18
Ilustración 7. Tanque de contacto con cloro.....	19
Ilustración 8. Ubicación Geográfica STAR Cabuyaro .....	20
Ilustración 9. Ubicación PTAR Castilla la Nueva.....	22
Ilustración 10. Reactor RAP Castilla La Nueva .....	24
Ilustración 11. Ubicación Geográfica PTAR Cumaral.....	28
Ilustración 12. Ubicación Geográfica PTAR El Castillo.....	35
Ilustración 13. Tanque Imhoff primario.....	36
Ilustración 14. Tanque Imhoff primario.....	36
Ilustración 15. Tanque Imhoff.....	37
Ilustración 16. Tanque Imhoff primario.....	37
Ilustración 17 Tanque Imhoff.....	39
Ilustración 18. Canales de sedimentación.....	39
Ilustración 19. Laguna Facultativa.....	40
Ilustración 20. Estructura de Entrada y salida Laguna Facultativa .....	40
Ilustración 21. Deshidratador de lodos.....	41
Ilustración 22. Secado de lodos .....	41
Ilustración 23. Ubicación Geográfica STAR Guamal.....	42
Ilustración 24. STAR Guamal- Meta.....	42
Ilustración 25. Cribado- Tratamiento preliminar.....	43
Ilustración 26. Cribado- Tratamiento Preliminar .....	43
Ilustración 27. Reactor Anaerobio.....	44
Ilustración 28. Sedimentador secundario .....	46
Ilustración 29. Sedimentador secundario .....	46
Ilustración 30. Pozo de Bombeo .....	46
Ilustración 31. Tanque contacto con cloro.....	47
Ilustración 32. Tanque contacto con cloro.....	47
Ilustración 33. Secado de lodos .....	47
Ilustración 34. Ubicación Geográfica PTAR Puerto Gaitán .....	48
Ilustración 35. Cribado.....	49
Ilustración 36 Desarenador .....	49
Ilustración 37. Bomba .....	49
Ilustración 38. Rejillas.....	49
Ilustración 39. Tanque de sedimentación.....	50

Ilustración 40. Tanque de sedimentación primaria .....	50
Ilustración 41. Tanque de Aireación .....	51
Ilustración 42. Sedimentador .....	51
Ilustración 43. Clorador .....	52
Ilustración 44. Ubicación Geográfica PTAR San Martín .....	53
Ilustración 45. Rejillas .....	54
Ilustración 46. Desarenador y Vertederos .....	55
Ilustración 47. Reactor UASB .....	55
Ilustración 48. Reactor RAP .....	56
Ilustración 49. Sedimentador Secundario.....	56
Ilustración 50. Tanque de Contacto .....	57
Ilustración 51. Lechos de Secado .....	57
Ilustración 52. Ubicación PTAR Uribe .....	58
Ilustración 53. Tratamiento Preliminar.....	59
Ilustración 54. Reactor Anaerobio .....	60
Ilustración 55. Filtros percoladores .....	60
Ilustración 56. Sedimentador secundario .....	61
Ilustración 57. Tanque de contacto .....	62
Ilustración 58. Tanque de contacto .....	62
Ilustración 59. Lechos de secado.....	62
Ilustración 60. Sistema de Alcantarillado Municipio de Acacías .....	63

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población municipal del Departamento del Meta año 2016 .....	7
Tabla 2. Nivel de complejidad .....	8
Tabla 3. Cobertura de Alcantarillado Departamento del Meta .....	9
Tabla 4. Población servida.....	11
Tabla 5. Municipios con STAR.....	12
Tabla 6. Sistema de tratamiento Municipal .....	13
Tabla 7. Coordenada Geográfica PTAR Acacías .....	14
Tabla 8. Desarenadores .....	15
Tabla 9. Tanque de Bombeo.....	16
Tabla 10. Características diseño Filtros Percoladores .....	16
Tabla 11. Características Filtro percolador.....	17
Tabla 12. Cámara de distribución de caudales .....	17
Tabla 13. Sedimentador secundario .....	18
Tabla 14. Pozo de Bombeo.....	19
Tabla 15. Tanque de Contacto con Cloro.....	19
Tabla 16. Coordenada Geográfica STAR.....	20
Tabla 17. Sistema de Tratamiento de Cabuyaro .....	21
Tabla 18. Coordenadas PTAR .....	22
Tabla 19. Cribado .....	23
Tabla 20. Reactor UASB.....	24
Tabla 21. Diseño Reactor RAP1 .....	25
Tabla 22. Diseño Reactor RAP2 .....	25
Tabla 23. Diseño Reactor RAP3 .....	25
Tabla 24. Sedimentador Secundario.....	26
Tabla 25. Lecho de secado de lodos .....	27
Tabla 26. Coordenadas PTAR .....	28
Tabla 27. Rejillas .....	29
Tabla 28. Desarenadores .....	29
Tabla 29. Tanque de bombeo .....	30
Tabla 30. Filtro Percolador.....	30
Tabla 31. Cámara de distribución de caudales .....	31
Tabla 32. Sedimentador Secundario.....	32
Tabla 33. Pozo de Bombeo.....	32
Tabla 34. Tanque Contacto con cloro .....	33
Tabla 35. Espesador de lodos .....	34
Tabla 36. Lecho secado de lodos .....	34
Tabla 37. Coordenada PTAR El Castillo .....	35
Tabla 38. Tratamiento Preliminar .....	36
Tabla 39. Tanque Imhoff.....	37

Tabla 40. Tanque Imhoff.....	38
Tabla 41. Tanque Imhoff.....	38
Tabla 42. Laguna de oxidación facultativa .....	40
Tabla 43. Lechos de secado de lodos.....	41
Tabla 44. Coordenadas Geográficas STAR Guamal.....	42
Tabla 45. Canal de Entrada y desarenador.....	43
Tabla 46.Rejilla retención de solidos.....	44
Tabla 47.Reactor Anaerobio UASB.....	44
Tabla 48.Reactor aerobio .....	45
Tabla 49.Sedimentador secundario .....	45
Tabla 50. Tanque de contacto con cloro .....	46
Tabla 51. Dimensiones de las celdas.....	47
Tabla 52. Coordenadas PTAR .....	48
Tabla 53. Parámetros de Diseño .....	49
Tabla 54. Tanque de sedimentación primaria .....	50
Tabla 55. Tanque.....	51
Tabla 56. Sedimentador secundario .....	51
Tabla 57. Clorador de Paso .....	52
Tabla 58. Coordenadas PTAR San Martín.....	53
Tabla 59. Rejillas .....	54
Tabla 60. Desarenador y vertederos.....	54
Tabla 61. Reactor UASB.....	55
Tabla 62. Reactor RAP .....	55
Tabla 63. Sedimentador secundario .....	56
Tabla 64. Tanque de Contacto con cloro .....	56
Tabla 65. Lechos de secado .....	57
Tabla 66. Coordenadas Geográficas .....	58
Tabla 67. Cribado .....	59
Tabla 68. Desarenador .....	59
Tabla 69. Reactor Anaerobio UASB.....	59
Tabla 70. Filtro Percolador.....	60
Tabla 71. Sedimentador Secundario.....	61
Tabla 72. Tanque de Contacto con cloro .....	61
Tabla 73. Lechos de secado de lodos.....	62
Tabla 74.Tipo de sistema de alcantarillado .....	63
Tabla 75. Promedio Áreas por Distrito .....	64
Tabla 76. Resumen del Sistema de Alcantarillado .....	64
Tabla 77. Consolidado del sistema de alcantarillado .....	64
Tabla 78. Sectores.....	65
Tabla 79. Consolidado del Sistema de Alcantarillado.....	65
Tabla 80. Consolidado red de Alcantarillado.....	66
Tabla 81. Sistema de alcantarillado .....	66

Tabla 82. Características del Alcantarillado .....	67
Tabla 83. Características del alcantarillado.....	67
Tabla 84. Long Red/Hab.....	68
Tabla 85. Fuente receptora.....	69
Tabla 86.Sistema de tratamiento Municipales.....	70
Tabla 87. Resumen caudales de diseño .....	71
Tabla 88. Caracterización del agua residual Afluente y Efluente en los diferentes Municipios.....	72
Tabla 89. Carga contaminante.....	73
Tabla 90. Comparativo con la Resolución 0631 del 2015 .....	74
Tabla 91. Comparativo con la Resolución 0631 del 2015 .....	75

## INTRODUCCIÓN

Un progresivo aumento en la demanda del agua por una comunidad o industria se traduce necesariamente en un aumento del volumen de residuos líquidos que contienen materiales disueltos y en suspensión, cuya descarga, sin una adecuada recolección, evacuación y tratamiento, deteriora tanto la calidad como la disponibilidad del recurso hídrico.

El objetivo de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) es el de reducir una cantidad de contaminantes presentes en el agua a tal nivel que esta pueda ser vertida nuevamente a una fuente receptora, sin afectar el medio acuático de acuerdo con la capacidad de autodepuración del sistema (Resiliencia ecosistémica).

Según el informe de gestión ambiental 2012-2015 <sup>1</sup> el Departamento del Meta prevé veintinueve sistemas de tratamiento de aguas residuales, uno por cada municipio, de los cuales apenas tienen nueve construidas (31%). El presente trabajo, presenta un inventario descriptivo de cada una de las PTAR proyectadas y construidas y puestas en marcha hasta la fecha y su estado de operatividad en el Departamento.

---

<sup>1</sup> (Cormacarena, 2012-2015)

## MARCO LEGAL

RESOLUCIÓN 0631 DE 2015: Por la cual se establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

RESOLUCION 0672 DE 2015: Por la cual se adopta la guía de que trata el artículo 2.3.3.2.4.14 del decreto 1077 del 2015 pretende proporcionar las orientaciones básicas para la evaluación de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico. (Ministerio de Vivienda , Ciudad y Territorio, 2015)

DECRETO 1076 DE 2015: Por la cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

LEY 1753 DE 2015: Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país Ministerio de Hacienda y crédito Público. Colombia.

RESOLUCION 1514 DE 2012: Por la cual se adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia

DECRETO 2667 DE 2012: Por la cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

DECRETO 3930 DE 2010: El cual reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) .

RESOLUCION 1433 DE 2004: Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004)

RESOLUCION 1096 DE 2000: Por la cual se adopta el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS- 2000 título E tratamiento de Aguas residuales.(Ministerio de Desarrollo Economico, 2000)

DECRETO 1594 DE 1984: Por la cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III

Libro I del Decreto 2811 de 1974: Por la cual se reglamentó usos del agua y el manejo de residuos líquidos. (Ministerio de Agricultura, Ministerio de Salud y Departamento Nacional de Planeación, 1984)

DECRETO 2811 DE 1974: Por la cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. (Presidente de la República, 1974)

## ANTECEDENTES

La Superintendencia de Servicios elaboró un informe técnico sobre el tratamiento de aguas residuales en Colombia en el año 2006, contenido en cinco secciones. La Primera presenta un marco conceptual; la Segunda sección se refiere a las consideraciones sobre la información tomada para la realización del informe; la Tercera presenta indicadores técnicos de tratamiento de aguas residuales; la Cuarta sección hace un análisis general del tratamiento de aguas por cuenca priorizada; y en la Quinta sección se exponen las actividades de vigilancia y control por parte de la superintendencia de servicios públicos domiciliarios sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia dando como resultado datos de 480 municipios que reportaron indicadores de sistema de tratamiento de aguas residuales, los cuales dieron un total de 567 STAR a cargo de 250 prestadores; solo el 26% de los municipios cuentan con algún STAR, el 18,5 % de los tratamiento existentes en Colombia están diseñados para realizar procesos preliminares, primarios el 39,2%; 52% de sistemas existentes están diseñados para llevar a cabo el tratamiento secundario de las aguas residuales (Superservicios, 2013).

En el año 2015 la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios realizó un informe sectorial de los servicios Públicos de acueducto y alcantarillado; en este informe no está incluido el Departamento del Meta. (Superservicios, 2015).

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Conocer el estado de los Sistemas de Recolección, Tratamiento y Disposición de las aguas residuales de los Veintinueve (29) Municipios del Meta.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer el Tipo de Alcantarillado de cada Municipio

Conocer la Cobertura de Servicio del Sistema de Alcantarillado de cada Municipio

Analizar las características de los vertimientos puntuales de las Aguas Residuales Municipales.

Conocer las fuentes receptoras de los vertimientos Municipales.

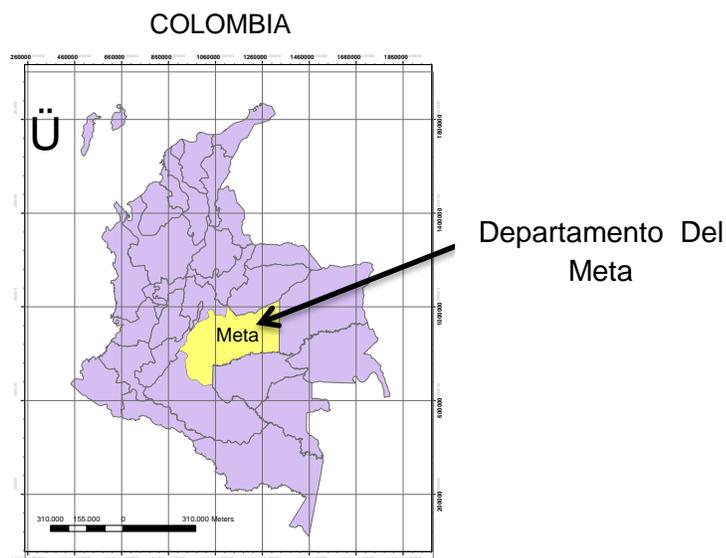
Diagnosticar el cumplimiento de la Resolución 0631 del 2015

Formular las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

## 1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El departamento del Meta (Ilustración 1) está constituido por 29 Municipios, ubicado en la región de Orinoquia, limita por el este con el Departamento de Vichada, por el norte con Cundinamarca y Casanare, por el sur con los Departamento del Guaviare y Caquetá y por el Oeste con el Huila y Caquetá. Se destaca como dato curioso la localización “del ombligo de Colombia” ubicado en el municipio de Puerto López.

Ilustración 1. Ubicación del Departamento del Meta



## 2. CARACTERISTICAS DEL DEPARTAMENTO DEL META

### 2.1. Población

Con base en las proyecciones del DANE (Departamento Administrativo Nacional de estadística) y la información obtenida a través de las encuestas, se obtuvo la proyección de la población para el año 2016 (Tabla 1).

Tabla 1. Población municipal del Departamento del Meta año 2016

MUNICIPIO	PSMV	POBLACION CABECERA	NO. EXPEDIENTE PSMV	MUNICIPIO	PSMV	POBLACION CABECERA	NO. EXPEDIENTE PSMV
Acacías	SI	59528	5.37.04.099	Mesetas	SI	3743	5.37.04.497
Barranca de Upia	SI	2921	5.37.04.474	Puerto Concordia	SI	10597	5.37.04.413
Cabuyaro	SI	1764	97-0278	Puerto Gaitán	SI	7812	5.37.04.067
Castilla la Nueva	SI	5021	130.07.02.109	Puerto Lleras	SI	2961	5.37.04.209
Cubarral	SI	3976	97-0338	Puerto López	SI	22469	5.37.04.266
Cumaral	SI	12364	5.37.04.506	Puerto Rico	SI	5164	5.37.04.434
El Calvario	SI	804	5.37.04.197	Restrepo	SI	7465	5.37.04.424
El Castillo	SI	2078	5.37.04.412	San Carlos de Guaroa	SI	4784	5.37.04.458
El Dorado	SI	1480	5.37.04.411	San Juan de Arama	SI	3918	2219-02
Fuente de Oro	SI	7473	5.37.04.469	San Juanito	SI	820	5.37.2.05.025
Granada	SI	53305	5.37.04.499	San Martín	SI	22295	5.37.04.051
Guamal	SI	6858	5.37.04.235	Uribe	SI	3966	2087/2001
La Macarena	SI	4522	5.37.04.480	Villavicencio	SI	471372	97-0851
Lejanías	SI	4426	5.37.04.459	Vista Hermosa	SI	9260	5.37.04.039
Mapiripan	SI	1389	5.37.04.101				

(Cormacarena PSMV)

Como muestra la Tabla 1 todos los Municipios del departamento del Meta tienen Planes de saneamiento y manejo de vertimientos PSMV aprobados por la corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial la Macarena "CORMACARENA"

## 2.2 Nivel de Complejidad

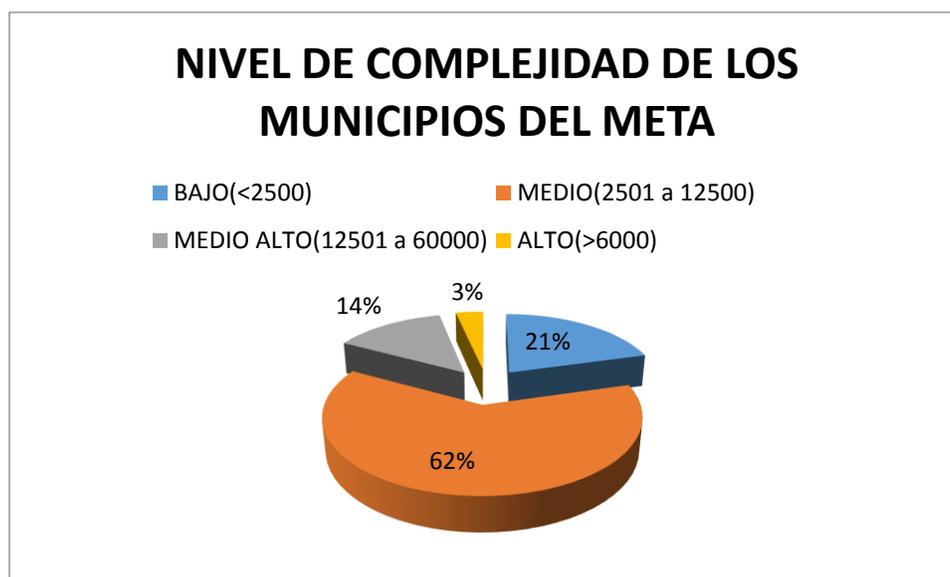
Con base en la población urbana los municipios del Departamento del Meta clasifican como se observa en la Figura 1.

Tabla 2. Nivel de complejidad

Nivel de Complejidad	Población en la Zona urbana (habitantes)	Capacidad Económica de los Usuarios
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60.000	Alta

(Ministerio de Desarrollo Economico, Noviembre de 2000)

Figura 1. Nivel de complejidad Municipios del Meta



El 21% de los municipios del Meta tiene complejidad BAJA, el 62% nivel de complejidad MEDIO, el 14 % nivel de complejidad MEDIO ALTO, y el 3% nivel de Complejidad ALTO.

## 2.3 Cobertura de Alcantarillado

En la Tabla 3 y en la Figura 2 se muestra la cobertura de alcantarillado.

Tabla 3. Cobertura de Alcantarillado Departamento del Meta

MUNICIPIO	COBERTURA SERVICIO DE ALCANTARILLADO %	MUNICIPIO	COBERTURA SERVICIO DE ALCANTARILLADO %
Acacías	94%*	Puerto Concordia	38%*
Barranca de Upiá	76%*	Puerto Gaitán	91%*
Cabuyaro	61%*	Puerto Lleras	79%*
Castilla la Nueva	100% <sup>2</sup>	Puerto López	71%*
Cubarral	95%*	Puerto Rico	90%*
Cumará	88%*	Restrepo	84%*
El Calvario	79%*	San Carlos de Guaroa	97%*
El Castillo	80%*	San Juan de Arama	84%*
El Dorado	85%*	San Juanito	84%*
Fuente de Oro	98%*	San Martín	86%*
Granada	62%*	Uribe	46%*
Guamal	90%*	Villavicencio	72% <sup>3</sup>
La Macarena	46%*	Vista Hermosa	52%*
Lejanías	81%*		
Mapiripán	84%*		
Mesetas	97%*		

\*(Edesa Meta, 2012)

<sup>2</sup> (Aguacastilla exped130.07.02.109, 2007)

<sup>3</sup> (Cormacarena Villavicencio, 2010)

Figura 2. Cobertura de Servicio de Alcantarillado

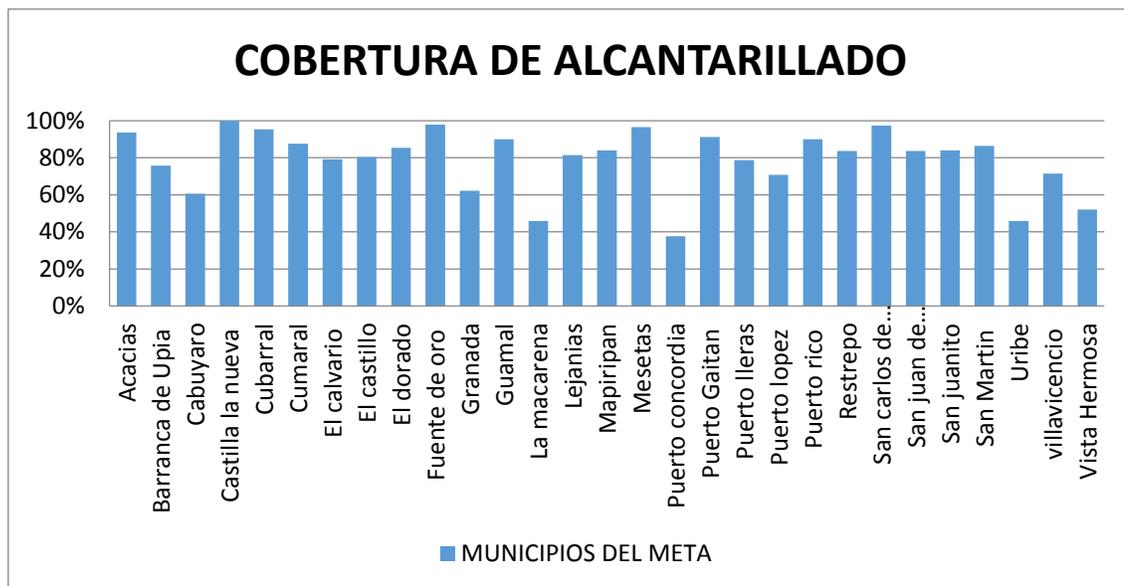
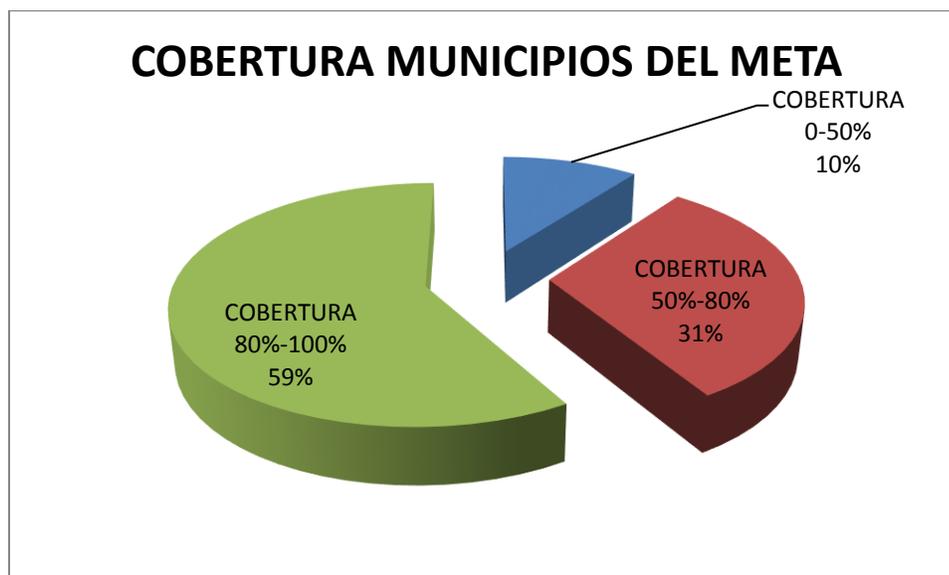


Figura 3. Cobertura alcantarillado municipios del Meta



Como se aprecia en la Figura 3 un 59 % de los municipios del Meta cuentan con cobertura de alcantarillado entre 80 a 100 %, un 31,5% cobertura del 50% al 80%, y un 10% con cobertura menor de 50%.

## 2.4 Población Servida

En la Tabla 4 se muestran los valores de población con servicio de alcantarillado en cada Municipio.

Tabla 4. Población servida

MUNICIPIO	POBLACION CABECERA	COBERTURA	POBLACIÓN SERVIDA	NIVEL DE COMPLEJIDAD
Acacías	59528	94%	55765	MEDIO ALTO
Barranca de Upia	2921	76%	2214	BAJO
Cabuyaro	1764	61%	1071	BAJO
Castilla la Nueva	5021	100%	5016	MEDIO
Cubarral	3976	95%	3792	MEDIO
Cumaral	12364	88%	10833	MEDIO
El Calvario	804	79%	637	BAJO
El Castillo	2078	80%	1669	BAJO
El Dorado	1480	85%	1264	BAJO
Fuente de Oro	7473	98%	7311	MEDIO
Granada	53305	62%	33176	MEDIO ALTO
Guamal	6858	90%	6176	MEDIO
La Macarena	4522	46%	2071	BAJO
Lejanías	4426	81%	3604	MEDIO
Mapiripan	1389	84%	1166	BAJO
Mesetas	3743	97%	3613	MEDIO
Puerto Concordia	10597	38%	3987	MEDIO
Puerto Gaitán	7812	91%	7129	MEDIO
Puerto Lleras	2961	79%	2327	BAJO
Puerto López	22469	71%	15914	MEDIO ALTO
Puerto Rico	5164	90%	4651	MEDIO
Restrepo	7465	84%	6241	MEDIO
San Carlos de Guaroa	4784	97%	4660	MEDIO
San Juan de Arama	3918	84%	3276	MEDIO
San Juanito	820	84%	689	BAJO
San Martín	22295	86%	19257	MEDIO ALTO
Uribe	3966	46%	1816	BAJO
Villavicencio	471372	72%	337031	ALTO
Vista Hermosa	9260	52%	4827	MEDIO

Como se observa en la Tabla 4 solamente 9 municipios del Meta cuentan con cobertura de alcantarillado superior al 90%.

### 3. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DEPARTAMENTO DEL META

En la Tabla 5, se presentan los municipios con sistema de tratamiento de aguas residuales del Departamento del Meta.

Tabla 5. Municipios con STAR

Ítem	Municipios del Meta	STAR	Fuente	Ítem	Municipios del Meta	STAR	Fuente
1	Acacias	SI	(Expediente No 5.37.04.099 Acacias, 2011)	16	Mesetas	NO	(Expediente 5.37.04.497 Mesetas , 2010)
2	Barranca de Upia	NO	(Expediente 5.37.04.74 Barranca de Upia )	17	Puerto Gaitán	SI	Visita al sitio
3	Cabuyaro	SI	(Expediente 97-0278 Psmv Cabuyaro, 2010)	18	Puerto Lleras	NO	(Expediente 5.37.04.209 Pto lleras, 2008)
4	Castilla la nueva	SI	(AGUAS DE CASTILLA , 2013)	19	Puerto López	En Construcción	(El tiempo , 2016)
5	Cubarral	NO	Encuesta enviada	20	Puerto Concordia	NO	(expediente No 5.37.04.413 Puerto Concordia , 2010)
6	Cumaral	SI	(Expediente 5.37.04.506 Cumaral, 2008)	21	Puerto Rico	NO	(Expediente No 5.37.04.434 Puerto Rico, 2010)
7	El Calvario	NO	(Expediente Cormacarena No5.37.04.197, 2010)	22	Restrepo	NO	(PGRMV 5.37.04.424 Restrepo , 2015)
8	El Castillo	SI	Visita al sitio	23	San Carlos de Guaroa	NO	(Expediente No 5.37.04.458 San carlos Guaroa )
9	El Dorado	NO	(Expediente 5.37.04.411 Dorado)	24	San Juan de Arama	NO	(Resolucion 2219-02 San carlos de Guaroa, 2010)
10	Fuente de oro	NO	(Expediente No 5.37.04.469 Fuente de Oro, 2010)	25	San Juanito	NO	(Expediente No 5.37.2.05.25 San Juanito )
11	Granada	NO	(Expediente 5.37.04.499 Granada)	26	San Martín	SI	(Expediente No 5.37.04.051 San Martin )
12	Guamal	SI	(Expediente 5.37.04.235, 2010)	27	La Uribe	SI	(Expediente No 2087-2001 Uribe )
13	La Macarena	NO	(Expediente 5.37.04.480 La Macarena, 2010)	28	Villavicencio	NO	(Expediente No 97-0851 Villavicencio)
14	Lejanías	NO	(Expediente 5.37.04.459 lejanias , 2010)	29	Vista Hermosa	NO	(Expediente No 5.37.04.039 Vistahermosa, 2010)
15	Mapiripan	NO	(Expediente 5.37.04.101 Mapiripan, 2010)				

Como se puede observar en la Tabla 5 en el departamento del Meta hay construidos Nueve (9) sistemas de tratamiento de aguas residuales que constituyen un 31% de cobertura municipal departamental.

En la Tabla 6 se muestran los sistemas de tratamiento existentes en el Departamento del Meta.

Tabla 6. Sistema de tratamiento Municipal

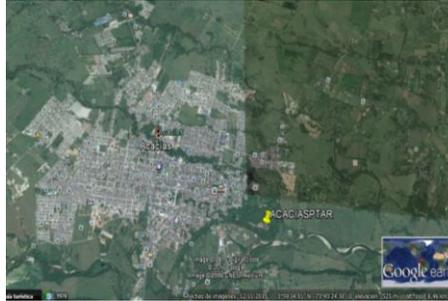
Municipio	Sistema
Acacías	PTAR de Tipo secundario con filtro Percolador
Cabuyaro	Laguna Facultativa- Laguna de Maduración
Castilla La Nueva	Tratamiento secundario anaerobio con UASB , RAP y desinfección
El Castillo	Tratamiento secundario con Tanque Imhoff y laguna Facultativa
Cumaral	PTAR de Tipo secundario con filtro Percolador
Guamal	PTAR de Tipo secundario reactor UASB y Filtro aerobio
Puerto Gaitán	PTAR de tipo secundario con reactor aireado
San Martín	Tratamiento secundario con UASB, RAP y desinfección.
Uribe	Tratamiento secundario con UASB y filtro percolador.

Como se muestra en la Tabla 6 existen dos municipios con tratamiento secundario de filtro percolador; dos con Reactor UASB y RAP; una con UASB y filtro aerobio; dos con Lagunas de Estabilización; una con Reactor Aireado y una con Reactor UASB y filtro percolador.

### 3.1 Acacias

La planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Acacias se encuentra ubicada al Este del municipio (Figura 4 y Tabla 7).

Figura 4. Ubicación geográfica PTAR Acacias



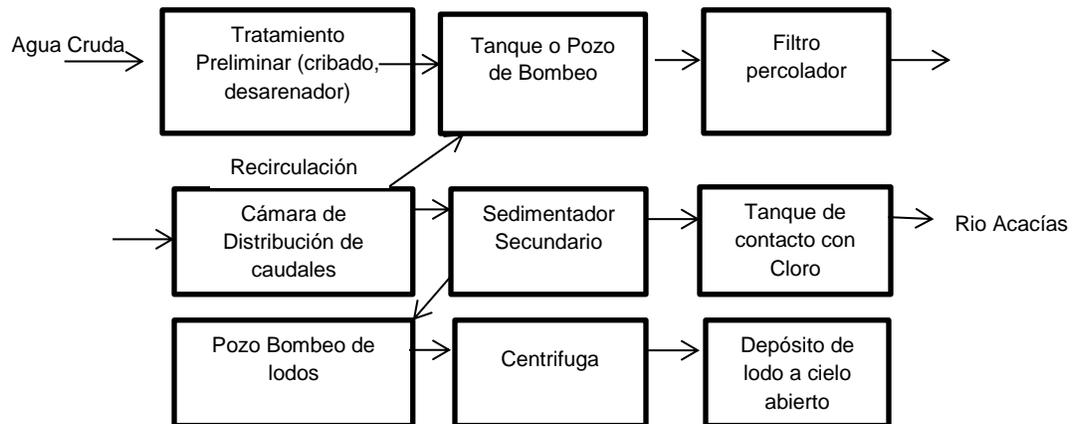
(Google Earth)

Tabla 7. Coordenada Geográfica PTAR Acacias

DESCRIPCION	COORDENADAS		DATUM
	NORTE	ESTE	
PTAR Acacias	3°58' 55,28 N	73°45' 7,73 O	GEOGRAFICAS

Los procesos de que consta la Planta de tratamiento de aguas residuales están contenidos en la Figura 5.

Figura 5. Diagrama de flujo PTAR Acacias



La estructura de tratamiento preliminar consta de: Cribado, bypass para manejar excesos, desarenadores y vertedero.

Los vertimientos del Municipio llegan por dos canales con un By-Pass, con tres compuertas, para los caudales de exceso. El cribado consta de rejillas de

limpieza manual, tres por cada unidad, las cuales tienen un espaciado aproximado de 4 cm. La estructura está construida en concreto reforzado (Figura 6 y Figura 7).



Figura 6. By-Pass , STAR Acacias



Figura 7. Rejillas de la PTAR

La PTAR cuenta con dos desarenadores en paralelo, construidos en concreto reforzado (Tabla 8 e Ilustración 2), cada uno con vertedero tipo SUTRO. Los desarenadores descargan a un tanque de bombeo, provisto de dos bombas sumergibles marca MALMEDI, para alimentar los filtros percoladores (Tabla 9 e Ilustración 3 y 4).

Tabla 8. Desarenadores

Características	Und	Valor	RAS 2000	Concepto
Ancho	m	1*	-	-
Largo	m	20*	-	-
Profundidad	m	1,5*	2-5	P<2 No cumple
Volumen útil	m³	30*	-	-
Tasa superficial	m³/ m² día	216	700-1600	Cumple
Q(caudal) x unidad	L/s	100*	Limpieza Manual	Cumple
Velocidad Horizontal	m/s	0,0059 <sup>6</sup>	0,2-0,4	Cumple
Relación largo: ancho		20:1	2,5:1 a 5:1	Cumple
Relación Ancho: Profundidad		1:1,5	1:1 a 5:1	No Cumple

\* (Edesa Meta, 2012)



Ilustración 2. Desarenador PTAR - Acacias

Tabla 9. Tanque de Bombeo

Características	Und	Valor
Ancho	m	14,2*
Longitud	m	19,4*
Profundidad Útil	m	2,5*
Profundidad Total	m	3,0*
Volumen	m <sup>3</sup>	689*
φ Tiempo de Retención hidráulico	Horas	1 hora *

\* (Edesa Meta, 2012)



Ilustración 3. Tanque de bombeo PTAR Acacias



Ilustración 4. Tanque de Bombeo PTAR Acacias

Tabla 10. Características diseño Filtros Percoladores

CARACTERÍSTICAS	TASA BAJA O ESTÁNDAR	TASA INTERMEDIA	TASA ALTA	SUPER ALTA TASA	RUGOSO	DOS ETAPAS
Medio Filtrante	Roca, escoria	Roca, escoria	Roca	Plástico	Plástico, madera roja	Roca plástico
Carga Hidráulica m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	0,9-3,7	3,7- 9,4	9,4- 37,4	14,0-84,2	46,8- 187,1 (no incluye recirculación)	9,4- 37,4 (no incluye recirculación)
Carga orgánica KgDBO5 /m <sup>3</sup> . d	0,1-0,4	0,2-0,5	0,5-1,0	0,5-1,6	1,6-8,0	1,0-1,9
Profundidad	1,8-2,4	1,8-2,4	0,9-1,8	3,0-12,2	4,6-12,2	1,8-2,4
Tasa de recirculación	0	0-1	1-2	1-2	1-4	0,5-2
Eficiencia de remoción de DBO5,%	80-90	50-70	65-85	65-80	40-65	85-95
Efluente	Bien Nitrificado	Parcialmente Nitrificado	Poca Nitrificación	Poca Nitrificación	No Nitrificación	Bien Nitrificado
Desprendimiento	Intermitente	Intermitente	continuo	Continuo	Continuo	Continuo

(Ministerio de Desarrollo Economico, Noviembre de 2000)

El filtro percolador, de forma circular, construido en concreto reforzado con material plástico como medio filtrante, es alimentado de manera uniforme por cuatro brazos. Cuenta con un falso fondo en concreto reforzado con una pendiente aproximada del 3% que conduce el efluente hacia la cámara de distribución de caudales para posteriormente ser conducida a los sedimentadores secundarios o hacia el tanque bombeo para recirculación.

Tabla 11. Características Filtro percolador

Características	Und	Valor	RAS 2000	Concepto
Diámetro	m	24*	Hasta 60	Cumple
Altura útil	m	4,5*	1,50 -12	Cumple
Área específica	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	100*	138-164	No cumple
Relación de vacíos	%	95*	>94	Cumple
Volumen	m <sup>3</sup>	770*	-	-
CHS	m/d	79,03	14,0-84,2	Cumple
CO	Kg DBO/m <sup>3</sup> .d	3.5	0,5-1,6	No Cumple

\* (Edesa Meta, 2012)<sup>a</sup> (Expediente No 5.37.04.099 Acacias, 2011)



Ilustración 5. Filtro percolador PTAR Acacias

Tabla 12. Cámara de distribución de caudales

Características	Und	Valor
Ancho	m	1*
Largo	m	1*
Altura Total	m	1,20*

\*(Edesa Meta, 2012)



Figura 8. Cámara de Distribución de Caudales

Ilustración 6. Falso fondo del filtro percolador

Existen dos sedimentadores secundarios en paralelo, de forma cilíndrica, en concreto reforzado con barredor de lodos en acero inoxidable y vertederos triangulares perimetrales con baffle deflector de espumas con las siguientes características (Tabla 13 y Figura 9 y 10).

Tabla 13. Sedimentador secundario

Características	Und	Valor	RAS 2000	Concepto
Diámetro	m	18,5 <sup>a</sup>	3-60	Cumple
Profundidad	m	3 <sup>a</sup>	Que el radio no exceda 5 veces más la profundidad rango entre 3 a 6 m	cumple
Volumen de cada sedimentador	m <sup>3</sup>	804*	-	-
Barredor de Lodos Diámetro	m	12*	-	-
Q	l/s	100*	-	-
A tanque	m <sup>2</sup>	201 *	-	-
CS	m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> d	43,2	40-48	Cumple
φ Tiempo de Retención	h	2,23	3-5 horas	Cumple

\* (Edesa Meta, 2012)



Figura 9. Sedimentador secundario PTAR Acacias



Figura 10. Sedimentador secundario PTAR Acacias

Pozo de Bombeo de lodos:

Los lodos sedimentados, son extraídos por gravedad a través de una tubería de acero hacia una cámara situada al lado del sedimentador para luego ser bombeados por una bomba sumergible hacia la centrífuga de lodos. (Figura 11 y Tabla 14)



Figura 11. Pozo bombeo de Lodos

Tabla 14. Pozo de Bombeo

Características	Und	Valor
Ancho	m	4*
Longitud	m	5*
Profundidad	m	2*
Volumen	m <sup>3</sup>	40*
Potencia Bomba	hp	1,4*

\* (Edesa Meta, 2012)

El tanque de contacto con cloro, es de forma rectangular en concreto reforzado (Tabla 15 e Ilustración 7)



Ilustración 7. Tanque de contacto con cloro

Tabla 15. Tanque de Contacto con Cloro

Características	Und	Valor	RAS 2000	Concepto
Número de Unidades	Und	2	2	Cumple
Ancho(Und)	m	5*	-	-
Longitud(Und)	m	12*	-	-
Profundidad(und)	m	1*	-	-
Volumen (und)	m <sup>3</sup>	39*	-	-
THR	horas	0,61*	>0,5h	Cumple

\* (Edesa Meta, 2012)

Como se observó previamente la PTAR de Acacias es una planta de tratamiento secundario, tipo convencional de filtro Percolador.

### 3.2 Cabuyaro

El Municipio de Cabuyaro cuenta con un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR), localizado al Este del municipio ( Ilustración 8 ) en las coordenadas mostradas en la Tabla 16.

Ilustración 8. Ubicación Geográfica STAR Cabuyaro



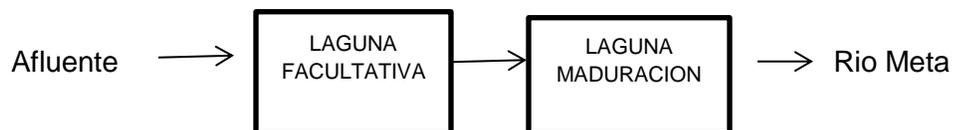
(Google Earth )

Tabla 16. Coordenada Geográfica STAR

Descripción	Coordenadas Geográficas		Datum
	Norte	Este	
STAR Cabuyaro	4°16'46.10"N	72°47'12.52"O	Geográficas

Los procesos de que consta el sistema de tratamiento de aguas residuales están contenidos en la Figura 12.

Figura 12. Diagrama de Flujo STAR Cabuyaro



El Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de Cabuyaro, trata el 76% del total del caudal de aguas residuales generadas por el casco urbano, dado que el otro 24 % se encuentra por debajo de la cota del STAR. Está compuesto por dos lagunas de estabilización en serie, una facultativa y una de maduración

(Tabla 17). De acuerdo con las proyecciones del PSMV del municipio, se prevé adicionar un filtro percolador antes de las lagunas<sup>4</sup>.

Tabla 17. Sistema de Tratamiento de Cabuyaro

Características	Und	Operación	RAS 2000	Concepto
Área Laguna Facultativa	Ha	0,025*	-	-
Caudal	l/s	6	-	-
Profundidad Laguna F	m	1,5*	1,0 – 2,5	Cumple
Volumen Laguna	m³	376,5	-	-
Tiempo de retención	d	0,72	5 – 30	No cumple
Área laguna Maduración	Ha	0,1041*	-	-
Profundidad	m	1,2*	0,9 -1,5	Cumple
Volumen	m³	1249,2	-	-
Tiempo de retención	d	2,41	> 10 días	No Cumple

\*(Expediente 97-0278 Psmv Cabuyaro, 2010)

El emisario final del STAR está construido en PVC de 12” y entrega sus aguas directamente al Rio Meta sobre su margen izquierda, mientras el sector no cubierto por el STAR( 24%), descarga directamente, en PVC de 10”, aguas abajo también sobre la margen izquierda.

<sup>4</sup> (Expediente 97-0278 Psmv Cabuyaro, 2010)

### 3.3 Castilla La Nueva

El Municipio de Castilla La Nueva cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), localizada al Este del municipio (Ilustración 9 y Tabla 18).

Ilustración 9. Ubicación PTAR Castilla la Nueva



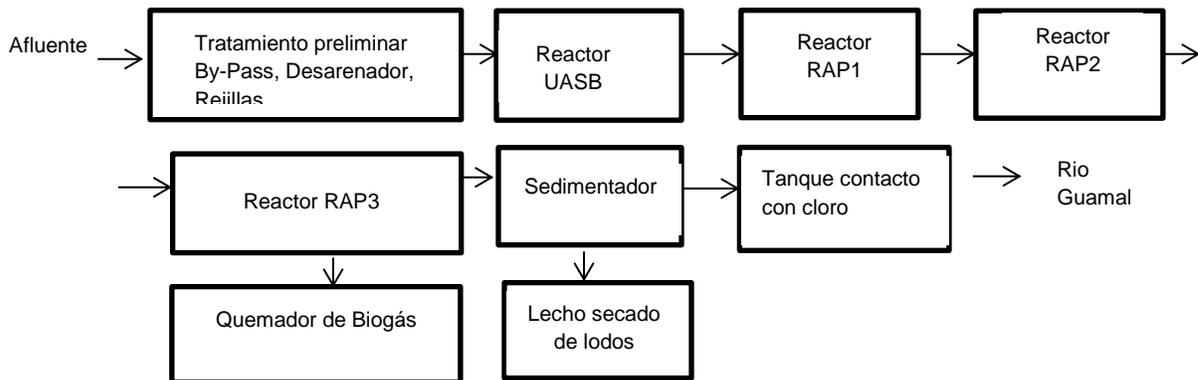
(Google Earth )

Tabla 18. Coordenadas PTAR

DESCRIPCION	COORDENADAS		DATUM
	NORTE	ESTE	
PTAR Castilla la Nueva	3°49'1,6"N	73°40'29.41"O	Geográficas

Los procesos de que consta la Planta de tratamiento de aguas residuales están contenidos en la Figura 13.

Figura 13. Diagrama de flujo PTAR Castilla la Nueva



La PTAR se encarga del tratamiento de las aguas residuales domésticas que se generan en el casco urbano y recibe además las aguas residuales generadas por

las industrias petroleras aledañas al Municipio, las cuales llegan por medio de carro tanques.

Tratamiento preliminar:

El sistema de tratamiento preliminar de la PTAR de Castilla la Nueva está constituido por una cámara de mezcla y un sistema de cribado el cual posee tres canales con dos tipos de rejillas diferentes, con separación de 2 y 1 cm respectivamente. (Tabla 19, Figuras 14 y 15). Igualmente dispone a la salida de una reglilla para medición de caudales. (Figura 16)

Tabla 19. Cribado

Características	Unidad	Diseño	Operación	RAS 2000	Concepto
Rejilla Gruesa					
Caudal	m <sup>3</sup> /s	0,030*	0,030	-	-
Separación entre barras (a)	m	0,020*	0,020	0,015-0,050 Rejillas limpieza manual	Cumple
Número de barras	Und	19*	19	-	-
Número de espacios	Und	20*	20	-	-
Rejilla Fina					
Separación entre barras (a)	m	0,010*	0,010	0,015-0,050 Rejillas limpieza manual	No cumple
Número de barras	und	31*	31	-	-
Número de espacios	und	32*	32	-	-

\*(AGUAS DE CASTILLA , 2013)



Figura 14. Canales, rejillas



Figura 15. Compuertas



Figura 16. Reglilla

Tratamiento secundario:

Está constituido por un reactor UASB, y tres reactores RAP en serie, el reactor UASB presenta las características descritas en la Tabla 20 y Figura 17.

Tabla 20. Reactor UASB

Características	Unidad	Diseño	Operación	RAS 2000	Concepto
Tiempo de retención	h	8,00*	8,00	>6	Cumple
Volumen	m <sup>3</sup>	230,40*	230,40	-	-
H Total	m	5,40*	5,40		
Profundidad	m	5,20*	5,20	-	-
Área de la sección	m <sup>2</sup>	14,70*	14,70	-	-
Ancho	m	4,70*	4,70	-	-
Longitud	m	9,43*	9,43	-	-
Longitud Ajustada	m	15,72*	15,72	-	-
Área de contacto	m <sup>2</sup>	44,31*	44,31	-	-
Volumen real	m <sup>3</sup>	231,08*	231,08	-	-
DQO afluente	mg/L	350,00*	350,00*	-	-
Carga DQO	Kg/día	241,92*	241,92	-	-
Velocidad ascensional	m/h	0,65*	0,65	0.5-1.0	cumple
Carga volumétrica	Kg DBO/m <sup>3</sup>	1,05*	1,05	1-4	cumple
Eficiencia	%	56*	56	-	-

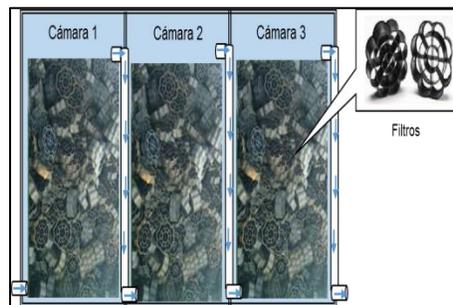
\*(AGUAS DE CASTILLA , 2013)



Figura 17. Reactor UASB

Reactores RAP: Posee tres reactores anaerobios a pistón "RAP" (Tabla 21- Tabla 23 ). El afluente circula por tres cámaras ( Ilustración 10) con filtros plásticos con alta porosidad.

Ilustración 10. Reactor RAP Castilla La Nueva



(AGUAS DE CASTILLA , 2013)

Tabla 21. Diseño Reactor RAP1

Características	Unidad	Diseño	Operación	RAS 2000	Concepto
Caudal	L/s	16*	16	-	-
DQO	mg/L	152,35*	152,35	-	-
Carga DQO	kg/día	210,85*	210,85	-	-
Temperatura	°C	15*	15	10-35	Cumple
Producción de lodos	kg SS/kDQO	13,06*	13,06	-	-
Volumen	m <sup>3</sup>	210,85*	210,85	-	-
Tiempo retención	horas	6,14*	6,14	2.5-10	Cumple
Eficiencia	%	52*	52	-	-

\*(AGUAS DE CASTILLA , 2013)

Tabla 22. Diseño Reactor RAP2

Características	Unidad	Diseño	Operación	RAS 2000	Concepto
Caudal	L/s	16*	16	-	-
DQO	mg/L	73,70*	73,70	-	-
Carga DQO	kg/día	102,01*	102,01	-	-
Temperatura	°C	15*	15	10-35	Cumple
Producción de lodos	kg SS/kDQO	5,38*	5,38	-	-
Volumen	m <sup>3</sup>	145,72*	145,72	-	-
Tiempo retención	horas	4,25*	4,25	2.5-10	Cumple
Eficiencia	%	44*	44	-	-

\*(AGUAS DE CASTILLA , 2013)

Tabla 23. Diseño Reactor RAP3

Características	Unidad	Diseño	Operación	RAS 2000	Concepto
Caudal al tratar	L/s	16*	16	-	-
Concentración DQO	mg/L	41,34*	41,34	-	-
Carga DQO	Kg/día	57,21*	57,21	-	-
Temperatura	°C	15*	15	10-35	Cumple
Producción de lodos	Kg SS/K DQO	5,49*	5,49	-	-
Volumen	m <sup>3</sup>	114,42*	114,42	-	-
Tiempo retención	horas	3,33*	3,33	2,5-10	Cumple
Eficiencia	%	38*	38	-	-

\*(AGUAS DE CASTILLA , 2013)

### Quemador de biogás

El gas producido por el tratamiento biológico es extraído del sistema e incinerado por un quemador o antorcha ( Figura 18).



Figura 18. Quemador de biogás

Sedimentador Secundario:

Construido en concreto reforzado de forma rectangular con las dimensiones y especificaciones que muestran la Figura 19 y Tabla 24.



Figura 19. Sedimentador Secundario

Tabla 24. Sedimentador Secundario

Características	Unidad	Diseño	Operación	RAS 2000	Concepto
Caudal	m <sup>3</sup> / Hr	57,67*	57,67	-	-
Carga superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -h	1,00*	1,00	-	-
Área tanque	m <sup>2</sup>	57,67*	57,67	-	-
Longitud total efectiva	m	6,13*	6,13	-	-
Ancho tanque	m	9,40*	9,40	-	-
Altura sedimentador	m	4,00*	4,00	3 - 6 m	Cumple
Tiempo sedimentación	Hr	4,0*	4,00	3-5 horas	Cumple

\*(AGUAS DE CASTILLA , 2013)

Lecho de Secado de lodos:

Está compuesto por seis celdas de 6,0 m x 3,0 m x 0,70 m, (Figura 20), tiene además las características contenidas en la Tabla 25. Los lixiviados producidos son conducidos por gravedad hacia el pozo de bombeo y recirculación.



Figura 20. Lecho de secado de lodos

Tabla 25. Lecho de secado de lodos

Características	Unidad	Diseño
Producción de lodos	Kg/día	88,47*
% de sólidos	%	2*
Lodos producidos	m <sup>3</sup> /día	4,42*
Tiempo de secado	días	3*

\*(AGUAS DE CASTILLA , 2013)

Tanque de contacto con cloro:

Construido en concreto reforzado de forma rectangular ( Figura 21).

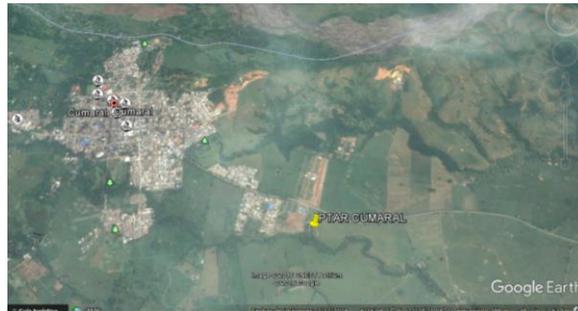


Figura 21. Tanque contacto con cloro

### 3.4 Cumaral

La Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Cumaral está localizada al Este del municipio (Ilustración 11) en las coordenadas mostradas en la Tabla 26.

Ilustración 11. Ubicación Geográfica PTAR Cumaral



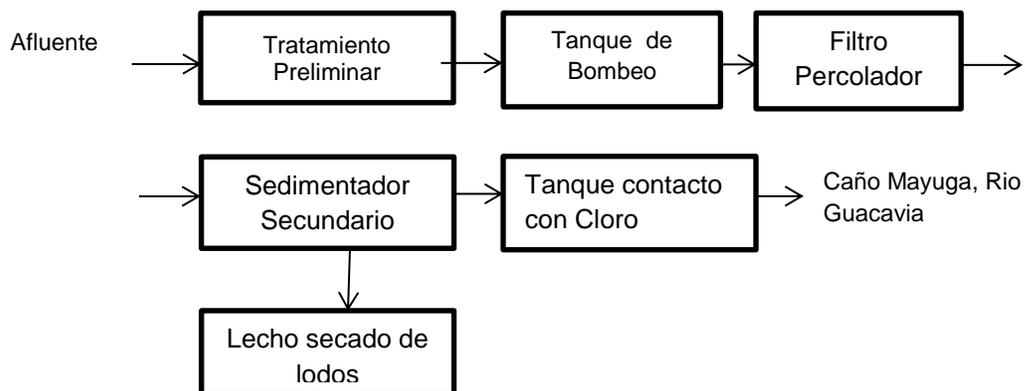
Fuente: Google Earth

Tabla 26. Coordenadas PTAR

DESCRIPCION	COORDENADAS		DATUM
	NORTE	ESTE	
PTAR Cumaral	4°15'44.54"N	73°28'27.81"O	GEOGRAFICAS

Los procesos de que consta la Planta de tratamiento de aguas residuales están contenidos en la Figura 22.

Figura 22. Diagrama de flujo PTAR Cumaral



Tratamiento preliminar:

Compuesto por rejillas y desarenador ( Figura 23 y Tabla 27)



Figura 23. Tratamiento Preliminar

Tabla 27. Rejillas

Características	Und	Valor
No rejillas	Und	4
No canales	Und	2
Retención de material Rejilla Gruesa	cm	Mayor a 3*
Retención de material Rejilla Fina 2da	cm	1*
Ancho Rejilla	m	1,2*
Largo	m	1*

\* (Edesa Meta, 2012)

El desarenador compuesto por dos unidades en paralelo construidas en concreto reforzado (Tabla 28).

Tabla 28. Desarenadores

Características	Und	Valor	RAS 2000	Concepto
Ancho	m	1*	-	-
Largo	m	13*	-	-
Profundidad	m	1,2*	2-5	No cumple
Volumen Util de cada unidad	m <sup>3</sup>	5,13*	-	-
Q	l/s	24*	Limpieza Manual	Cumple
A tanque	m <sup>2</sup>	13*	-	-
Tasa superficial	m/h	6,6*	-	-
Tasa superficial	m/d	158,4	700-1600	Cumple

\* (Edesa Meta, 2012)

El tanque de bombeo construido en concreto reforzado y dimensiones mostradas en la Tabla 29 y Figura 24.

Tabla 29. Tanque de bombeo

Características	Und	Valor
Ancho	m	9,2*
Largo	m	9,4*
Profundidad Útil	m	2,6*
Profundidad Total	m	4,2*
Volumen	m <sup>3</sup>	225*
TRH	h	2,60*
Potencia	HP	24

\*(Edesa Meta, 2012)



Figura 24. Tanque de Bombeo

Cuenta con dos Filtros percoladores construidos en concreto reforzado con medio filtrante sintético (Tabla 30, Figura 25 y Figura 26).

Tabla 30. Filtro Percolador

Características	Und	Operación	RAS 2000	Concepto
No de Filtros	und	2	-	-
Capacidad de cada filtro	m <sup>3</sup>	770*	-	-
Diámetro und	m	13*	Hasta 60 m	Cumple
Altura Útil	m	6,35*	1,50-12	Cumple
No de Brazos de Riego	und	4*	-	-
Área Especifica	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	100*	-	-
Diámetro Roseta	mm	187*	-	-
Altura roseta Ortogonal	mm	50*	-	-
Relación al Vacío	%	95*	-	-
Q	l/s	200*	-	-
A tanque	m <sup>2</sup>	530,9*	-	-
Ts	l/m <sup>2</sup> .s	0,38*	-	-
CHV	kg/DBO/m <sup>3</sup> .d	22,44		
CHS	m/d	32,54	14,0-84,2	Cumple
COV	kg/DBO/m <sup>3</sup> .d	0,69	0,5-1,6	Cumple
COS	kg/DBO/m <sup>3</sup> .d	1,01	-	-

\*(Edesa Meta, 2012)



La cámara de distribución de caudales es una caja rectangular en concreto reforzado cerrada, que permite el paso del agua hacia los sedimentadores o su recirculación al pozo de bombeo. (Tabla 31).

Tabla 31. Cámara de distribución de caudales

Características	Und	Valor
Ancho	m	1,80*
largo	m	1,80*
Altura Total	m	2*

\*(Edesa Meta, 2012)

El sistema de sedimentación secundaria cuenta con dos unidades de 14,5 m de diámetro con barredor de lodos y sistema de giro fabricado en acero inoxidable (Figura 27 y Tabla 32)



Tabla 32. Sedimentador Secundario

Características	Und	Valor	RAS 2000	Concepto
Diámetro x und	m	14,5*	3-60	Cumple
Altura Útil x und	m	3,2*	3-6m	Cumple
Altura Total	m	2,4*	-	-
Volumen Útil c/u	m <sup>3</sup>	394*	-	-
Diámetro Barredor de lodos	m	15,10*	-	-
Caudal x Und	l/s	100*	-	-
Atanque	m <sup>2</sup>	165,13*	-	-
Carga superficial	m/d	52,32*	40-48	No cumple

\*(Edesa Meta, 2012)

Pozo Bombeo de lodos: Tanque rectangular en concreto reforzado (Tabla 33 y Figura 28).

Tabla 33. Pozo de Bombeo

Características	Und	Valor
Ancho	m	1,80*
Longitud	m	2,00*
Profundidad Útil	m	1,30 *
Profundidad Total	m <sup>3</sup>	4,30*
Volumen	m	4,7*
Capacidad de la Bomba	m <sup>3</sup> /h	14*

\*(Edesa Meta, 2012)



Figura 28. Bombeo de lodos

Tanque de contacto con cloro: Tanque de forma rectangular en concreto reforzado para generar un control de microorganismos patógenos (Tabla 34 y Figura 29).

Tabla 34. Tanque Contacto con cloro

Características	Und	Valor	RAS 2000	Concepto
No. Unidades	und	2*	-	-
Capacidad por Unidad	m <sup>3</sup>	39*	-	-
Ancho	m	5,80*	-	-
Longitud	m	8*	-	-
Profundidad Util	m	2*	-	-
Profundidad Total	m	2,40*	-	-
TRH	hora	0,15*	>0,5	Cumple

\*(Edesa Meta, 2012)



Figura 29. Tanque de Contacto con cloro

Espesador de lodos: El mecanismo dispone de un fondo de forma cónica que propicia la reducción volumétrica, la recolección y la evacuación de los lodos y la materia orgánica. (Figura 30 y Tabla 35).



Figura 30. Espesador de Lodos

Tabla 35. Espesador de lodos

Características	Und	Valor
No. Tanques tronco-cónicos	und	2*
Volumen c/u	m <sup>3</sup>	4*
Diámetro	m	2,1*
Altura Recta	m	2*
Altura Cono	m	1,5*
Altura Total	m	5,1*
Altura Útil	m	3,5*

\*(Edesa Meta, 2012)

Lecho de secado de lodos: Compuesto por ocho unidades de forma rectangular en concreto reforzado (Tabla 36 y Figura 31).

Tabla 36. Lecho secado de lodos

Características	Und	Valor
No de Celdas	und	8
Volumen Útil c/u	m <sup>3</sup>	8*
Ancho c/u	m	4,9*
Longitud	m	5*
Altura Útil c/u	m	0,7*
Altura Total del Lecho	m	1,1*
Altura Total hasta la cubierta	m	3,4*

\*(Edesa Meta, 2012)

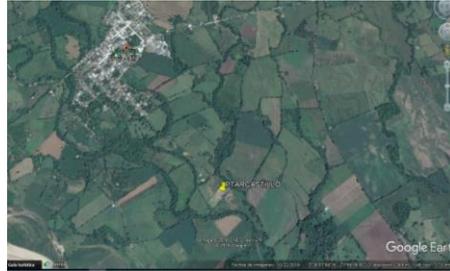


Figura 31. Lecho de secado de lodos

### 3.5 El Castillo.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Castillo se encuentra ubicada al sur- este del Municipio (Ilustración 12 y Tabla 37).

Ilustración 12. Ubicación Geográfica PTAR El Castillo



(Google Earth )

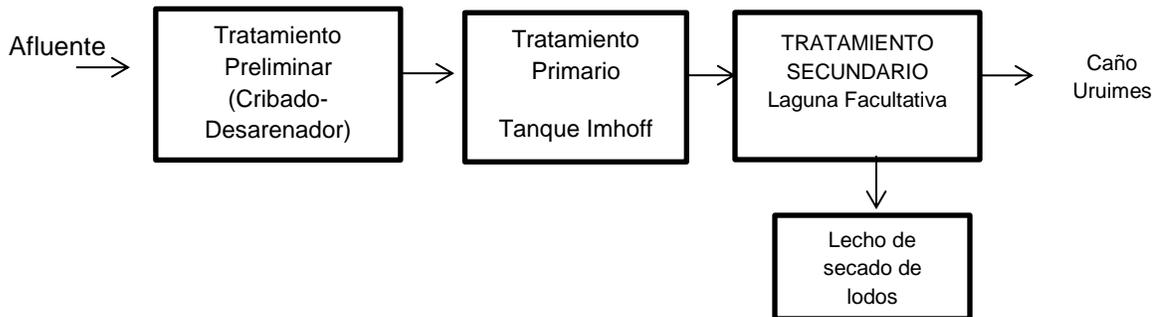
Tabla 37. Coordenada PTAR El Castillo

DESCRIPCION	COORDENADA		DATUM
	NORTE	ESTE	
PTAR CASTILLO	3°33'13.93"N	73°47'14.36"O	GEOGRAFICAS

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Castillo fue construida en el año 2016 y dotada con cerramiento en cerca de alambre de púas, de fácil acceso.

Los procesos de que consta el sistema de tratamiento de aguas residuales están contenidos en la Figura 32.

Figura 32. Diagrama de Flujo PTAR El Castillo



## Tratamiento Preliminar

Estructura construida en concreto reforzado de forma rectangular con dos módulos en paralelo, cuyos criterios de diseño se encuentran plasmados en la Tabla 38.

Tabla 38. Tratamiento Preliminar

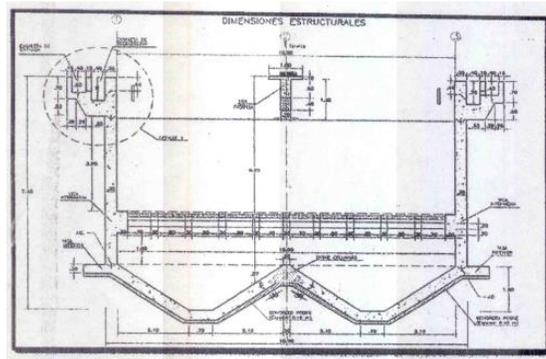
Características	Unidad	Diseño	RAS 2000	Concepto
No unidades	und	2*	Mínimo 2	Cumple
Longitud	m	7,50*	-	-
Ancho	m	0,60*	-	-
Profundidad	m	0,75*	2-5	No cumple
Carga Hidráulica Máxima superficial	m/día	1152*	-	-
Velocidad de Operación	m/s	0,30*	0,2-0,4	Cumple
Profundidad Máxima	m	0,33*	-	-
Tiempo de Retención	seg	25,24	20-180	Cumple
Relación largo :ancho	m	7,50:0,60	2,5:1 a 5:1	Cumple
Relación Ancho: Profundidad	m	0,60 : 0,75	1:1 a 5:1	Cumple

\* (PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2014)

El tanque Imhoff, tratamiento primario de dos pisos, en concreto reforzado, en el cual se realizan simultáneamente la sedimentación primaria, la retención de grasas y aceites y la digestión anaerobia de los lodos primarios. (Ilustraciones 13 a Ilustración 15), cuenta con una tubería de entrada sumergida y descarga libre gobernada por una compuerta del tipo deslizante; diámetros y condiciones de flujo se describe en la Tabla 39 e Ilustración 16.



Ilustración 15. Tanque Imhoff



(PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2014)

Tabla 39. Tanque Imhoff

Características	Und	Valor
Caudal Máximo de diseño	l/s	25,74*
Caudal Medio de Operación	l/s	8,23*
Caudal Mínimo de Operación	l/s	3*
Cota Batea de entrada	m.s.n.m	338,67*
Cota Batea de Salida	m.s.n.m	338,65*
Longitud de la Tubería	m	10*
Diámetro seleccionado	m	0,227*
Coefficiente de Rugosidad	n	0,011*
Pendiente disponible	S	0,005*
Capacidad Lleno Qo	l/s	38,42*
Velocidad Lleno	m/s	0,949*
Velocidad Real	m/s	0,883*
Qo/Q		0,67*

\* (PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2014)



Ilustración 16. Tanque Imhoff primario

Cuenta con dos canales de sedimentación lateral y un canal central para el escape de gases y retención de espumas y solidos flotantes. En la parte inferior se dispone de dos tolvas para el almacenamiento de lodos digeridos ( Tabla 40 y 41 e Ilustraciones 17 y 18).

Tabla 40. Tanque Imhoff

Características	Und	Diseño	RAS 2000	Concepto
Área Sedimentación	m <sup>2</sup>	32,40*	-	-
Longitud del tanque	m	10*	-	-
Ancho del Tanque	m	4,90*	-	-
Relación longitud a ancho	m	10:4,90	2:1 a 5:1	Cumple
Ancho canal de ventilación	m	0,90*	-	-
Profundidad mínima de la lámina de agua	m	1,25*	-	-
Profundidad	m	3,20*	-	-
Volumen total de sedimentación	m <sup>3</sup>	76,0*	-	-
Tiempo de Retención	hr	2,35*	2-4	Cumple

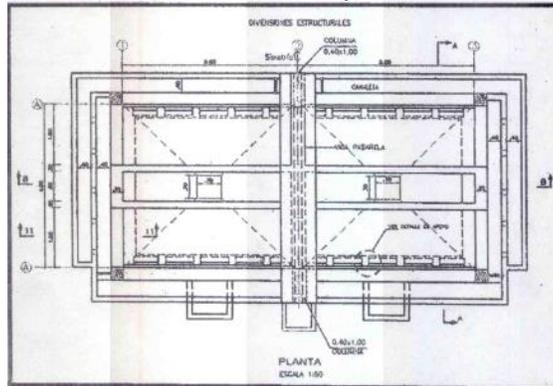
\* (PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2014)

Tabla 41. Tanque Imhoff

Características	Valor	RAS 2000	Concepto
Tiempo de retención(días)	0,5	-	-
Caudal de diseño (l/s)	9,00*	-	-
Volumen Neto (m <sup>3</sup> )	389*	-	-
Profundidad media del flujo : Hw	2,2*	2,1-3,6	Cumple
Área media superficial : (m <sup>2</sup> )	176,7*	-	-
Ancho medio de la laguna: B	7,7*	-	-
Longitud media de la laguna: L	23,0*	-	-
Ancho del espejo de agua :	12,1*	-	-
Longitud del espejo de agua:	27,4*	-	-
Area superficial (Ha)	0,03*	-	-
Ancho del fondo de laguna	3,3*	-	-
Largo del fondo de laguna	18,6*	-	-
Volumen Neto: (m <sup>3</sup> )	392*	-	-
Tiempo de retención: (días)	0,5*	2-4 horas	Cumple
Temperatura media minima °C	24*	-	-
Coefficiente de Remocion K	1,407*	-	-
Eficiencia en la Remocion (%)	40*	-	-
Carga Organica DBO5 (mg/l)	250*	-	-
Carga Organica DBO5 (kg/día)	194,4*	-	-
Carga superficial aplicada ( kg/hab*día)	5870,07*	-	-
Temperatura media °c	26*	-	-
Coefficiente de remoción K	1,65*	-	-
Eficiencia en la remoción (%)	50,0*	-	-
Carga Orgánica DBO5( mg/l)	250*	-	-
Carga Orgánica DBO5( kg/día)	194,4*	-	-
Carga Superficial aplicada ( kg/hab*día)	5870,07*	-	-
Profundidad Total(m)	2,7	-	-

(PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2014)

Ilustración 17 Tanque Imhoff



(PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2014)



Ilustración 18. Canales de sedimentación

Laguna de oxidación facultativa:

Localizada a continuación del tanque Imhoff con las características y dimensiones contenidas en la Tabla 42 e Ilustración 19 y 20.

Tabla 42. Laguna de oxidación facultativa

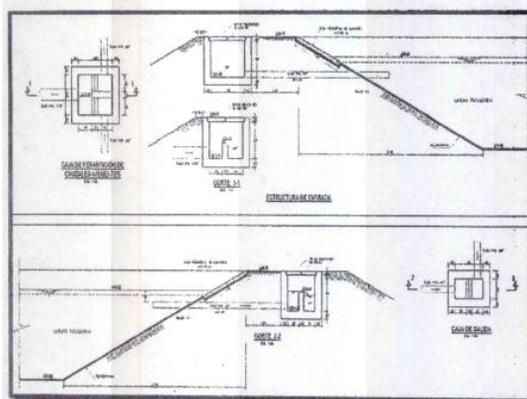
Características	Valor	RAS 2000	Concepto
Caudal de diseño(l/s)	9	-	-
Profundidad media del flujo :Hw	2,2	1-2,5	Cumple
Ancho del espejo de agua :	52,8	-	-
Longitud del espejo de agua:	85,8	-	-
Area superficial (Ha)	0,45	-	-
Ancho del fondo de laguna	44,0	-	-
Largo del fondo de laguna	77,0	-	-
Volumen Neto: (m <sup>3</sup> )	8680	-	-
Tiempo de retención: (días)	11,2	5-30	Cumple
Temperatura media mínima °C	24	-	-
Coefficiente de Remoción K	0,46	-	-
Eficiencia en la Remoción (%)	83,95	-	-
Carga Orgánica DBO5 (mg/l)	150,0	-	-
Carga Organica DBO5 (kg/dia)	116,6	-	-
Carga superficial aplicada ( kg/Ha*d)	257,47	500	Cumple
Dimensiones de la Laguna			
Profundidad Total (m)	2,7	-	-
Ancho(m)	54,8	-	-
Longitud(m)	87,8	-	-

\* (PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2014)



Ilustración 19. Laguna Facultativa

Ilustración 20. Estructura de Entrada y salida Laguna Facultativa



(PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2014)

Lecho de secado de lodo:

Los lodos son dirigidos a 4 unidades de lechos de secado construidas en concreto y ladrillo con las características y dimensiones contenidas en la Tabla 43 e Ilustraciones 21 y 22.

Tabla 43. Lechos de secado de lodos

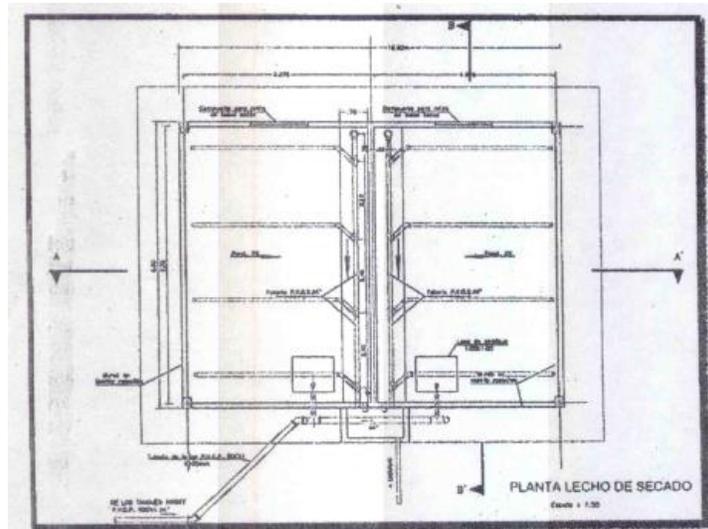
Características	Unidad	Valor
Ancho	m	4*
Lado	m	7,75*
Altura máxima	m	0,68*
Área de lechos de secado	m <sup>2</sup>	43,625*
Volumen final en cada modulo	m <sup>3</sup>	1,58*
Purga	%	80*

\* (PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2014)



Ilustración 21. Deshidratador de lodos

Ilustración 22. Secado de lodos



(PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2014)

### 3.6 Guamal

El Municipio de Guamal cuenta con dos Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales STAR, ubicados al Sur-Este del Municipio ( Ilustración 23 y Tabla 44).

Ilustración 23. Ubicación Geográfica STAR Guamal



Fuente: Google Earth 2016

Tabla 44. Coordenadas Geográficas STAR Guamal

DESCRIPCION	COORDENADAS		DATUM
	NORTE	ESTE	
STAR Guamal	3°51'47.88"N	73°45'15.54"O	Geográficas
Lagunas de oxidación	3°52'17.24"N	73°45'47.24"O	Geográficas

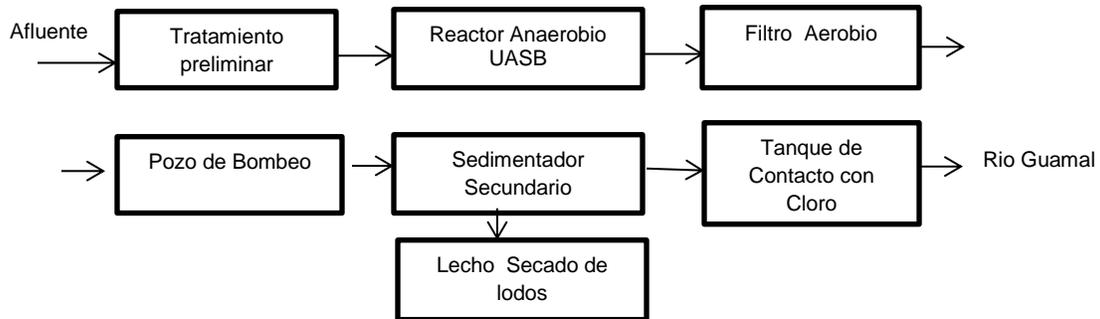
Ninguno de los dos STAR está en funcionamiento. Uno está integrado por cuatro lagunas de oxidación y el otro sistema consiste en una planta de tratamiento de aguas residuales de filtración aerobia de flujo ascendente, con tanque de igualación (Ilustración 24).



Ilustración 24. STAR Guamal- Meta

Los procesos de que consta el sistema de tratamiento de aguas residuales están contenidos en la Figura 33.

Figura 33. Diagrama de flujo PTAR Guamal



El tratamiento preliminar está compuesto por dos canales con rejillas y desarenador (Ilustración 25 y 26, Tabla 45 y Tabla 46).



Ilustración 25. Cribado- Tratamiento preliminar

Ilustración 26. Cribado- Tratamiento Preliminar

Tabla 45. Canal de Entrada y desarenador

Características	Und	Operación	RAS 2000	Concepto
No de unidades	Und	2*	2	cumple
Volumen Útil	m <sup>3</sup>	1,26*	-	-
Ancho	m	0,50*	-	-
Largo	m	8,40*	-	-
Altura Total	m	1,10*	2-5	No cumple
Altura Útil	m	0,30*	-	-
Caudal Und	l/s	15,75 <sup>a</sup>	-	-
Caudal Und	m <sup>3</sup> /h	56,7 <sup>a</sup>	-	-
Velocidad de flujo	m/s	0,3 <sup>a</sup>	0,2-0,4	cumple
Relación largo :Ancho	m	8,40:0,50	2,5:1 a 5:1	cumple

\*(Coopsol del oriente Guamal, 2006) , <sup>a</sup> (Expediente No 5.37. 04.235 Psmv Guamal, 2010)

Tabla 46.Rejilla retención de solidos

Características	Und	Valor	RAS 2000	Concepto
Espaciamiento rejilla gruesa	m	0,006*	0,015-0,050 Rejillas limpiadas manualmente	Cumple
Espaciamiento Rejilla Fina	m	0,0125*	0,015-0,050 Rejillas limpiadas manualmente	No cumple
Ancho	m	0,40*	-	-
Altura Útil	m	0,45*	-	-

\*(Coopsol del oriente Guamal, 2006)

#### Tratamiento secundario

El reactor anaerobio UASB es un tanque rectangular en concreto reforzado, cerrado (Tabla 47 e Ilustración 27).

Tabla 47.Reactor Anaerobio UASB

Características	Und	Valor
Unidades	und	2
Volumen Útil	m <sup>3</sup>	240*
Ancho	m	5*
Largo	m	10,6*
Altura Total	m	5,68*
TRH	horas	4,8 <sup>a</sup>
Remoción materia orgánica	%	60*

\*(Coopsol del oriente Guamal, 2006)<sup>a</sup> (Edesa Meta, 2012)



Ilustración 27.Reactor Anaerobio

- Filtro Aerobio

El reactor aerobio es de forma rectangular, cerrado, homogéneo, construido en concreto reforzado ( Figura 34 y Tabla 48).

El reactor de filtración aerobia de flujo ascendente, tiene un tiempo de retención hidráulico de seis horas aproximadamente y un lecho fijo compuesto por Biopac, con dos aireadores que no están en funcionamiento, por tal razón opera anaerobiamente.



Figura 34. Filtro Aerobio

Tabla 48.Reactor aerobio

Características	Und	Diseño	Operación
Unidades	Und	1*	
Volumen Útil	m <sup>3</sup>	287*	
Ancho	m	7,40*	
Largo	m	10,00*	
Altura Total	m	4,78*	
Altura Útil	m	4,50*	
Remover materia orgánica	%	90	
Q	l/s		11,5 <sup>a</sup>
A tanque	m <sup>2</sup>		64,6 <sup>a</sup>
Ts	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h		0,64 <sup>a</sup>

\*(Coopsol del oriente Guamal, 2006)<sup>a</sup> (Edesa Meta, 2012)

- Sedimentador secundario.

Es de forma cilíndrica. Cuenta con un barredor de lodos, con pasarela con piso en nylon y barandas, con sistema de giro fabricado en acero y bronce (Tabla 49 e Ilustraciones 28 y 29).

Tabla 49.Sedimentador secundario

Características	Und	Operación	RAS 2000	concepto
Diámetro	m	13,0*	3-60	Cumple
Altura recta	m	2,50*	Que el radio no exceda 5 veces más la profundidad rango entre 3 a 6m	Cumple
Volumen de cada sedimentador	m	597,3 <sup>a</sup>	-	-
Q	l/s	11,5 <sup>a</sup>	-	-
A tanque	m <sup>2</sup>	132,72 <sup>a</sup>	-	-
Ts	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> dia	7,44 <sup>a</sup>	40-48	Cumple
No unidades	und	1*	-	-
Tiempo de retención	h	6*	3-5 horas	No Cumple
Carga superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	0,5*	-	-
Altura total	m	3,10*	-	-

\*(Coopsol del oriente Guamal, 2006)<sup>a</sup> (Edesa Meta, 2012)



Ilustración 28. Sedimentador secundario

Ilustración 29. Sedimentador secundario

- Pozo de bombeo

Se compone de dos unidades, con un área superficial de 4 m<sup>2</sup> (Ilustración 30).



Ilustración 30. Pozo de Bombeo

- Tanque de contacto con cloro :  
Tanque en concreto reforzado de forma rectangular. (Ilustración 31 y 32, y Tabla 50).

Tabla 50. Tanque de contacto con cloro

Características	Und	Valor
unidades	und	1*
Volumen Útil	m <sup>3</sup>	45*
Ancho	m	2,20*
Longitud	m	8,90*
Alto total	m	2,50*
Altura útil	m	2,30*

\* (Coopsol del oriente Guamal, 2006)



Ilustración 31. Tanque contacto con cloro

Ilustración 32. Tanque contacto con cloro

- Lechos de secado de lodos :  
El sistema cuenta con 6 lechos de secado de arena y gravilla, con cubierta (Tabla 51 e Ilustración 33).

Tabla 51. Dimensiones de las celdas

Características	Und	Valor
No lechos de secado	und	6*
Longitud	m	3,15*
Ancho	m	6,2*
Altura Útil	m	0,5*

\*(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 33. Secado de lodos

### 3.7 Puerto Gaitán

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del Municipio de Puerto Gaitán se encuentra ubicada al Nor-Oeste, fue construida en el año 2010 (Ilustración 34 y Tabla 52).

Ilustración 34. Ubicación Geográfica PTAR Puerto Gaitán



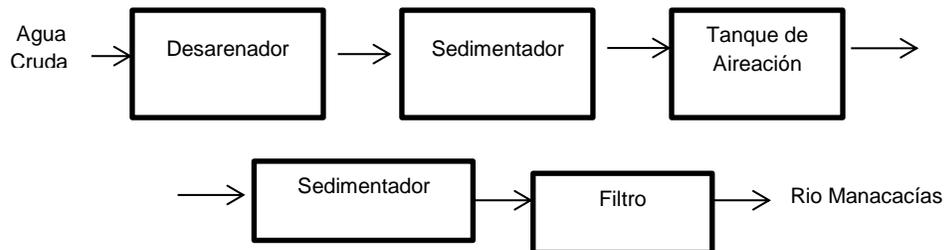
(Google Earth )

Tabla 52. Coordenadas PTAR

DESCRIPCION	COORDENADAS		DATUM
	NORTE	ESTE	
PTAR Puerto Gaitán	4°19'41.57"N	72° 4'39.89"O	GEOGRAFICAS

La planta trata un caudal total de 29,5 l/s. Los procesos de que consta la planta de tratamiento de aguas residuales están contenidos en la Figura 35.

Figura 35. Diagrama de flujo PTAR Puerto Gaitán



Tratamiento Preliminar:

El tratamiento preliminar está compuesto por dos canales con desarenador y rejillas (Ilustraciones 35 a 38, y Tabla 53)

Tabla 53. Parámetros de Diseño

Características	Und	Valor
Caudal de diseño	l/s	60*
DBO5 diseño	g/m <sup>3</sup>	200*
DQO	g/m <sup>3</sup>	380*
SST	g/m <sup>3</sup>	140*
Remoción de DBO5	%	90*
Remoción de SST	%	90*
Remoción de Grasas	%	90*

\*(Expediente No 53704067 Puerto Gaitan, 2009)



Ilustración 35. Cribado



Ilustración 36. Desarenador



Ilustración 37. Bomba



Ilustración 38. Rejillas

- Tanque de sedimentación primario

Características del tanque de sedimentación del STAR del Municipio de Puerto Gaitán (Ilustraciones 39 y 40 y Tabla 54).

Tabla 54. Tanque de sedimentación primaria

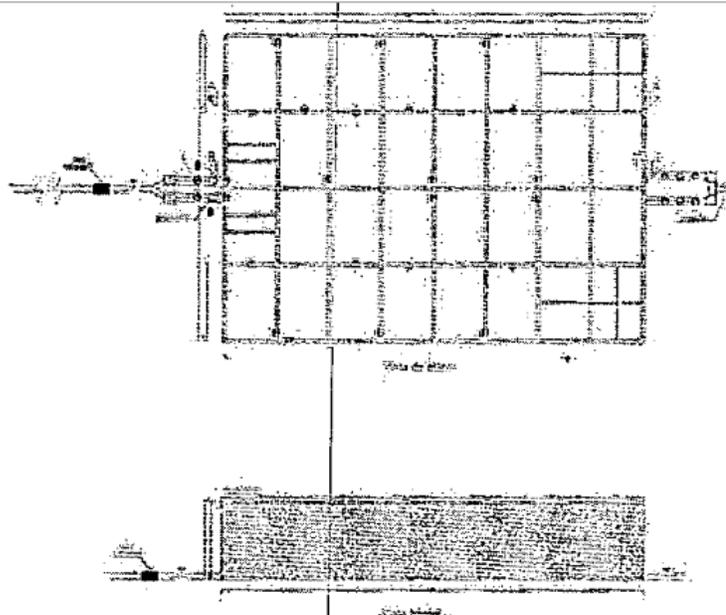
Características	Und	Valor
Ancho	m	19*
Largo	m	25,8*
Ancho cada Cámara	m	4,5*
Largo cada Cámara	m	3*
Espesor de Muros	m	0,20*

\*(Expediente No 53704067 Puerto Gaitan, 2009)



Ilustración 39. Tanque de sedimentación

Ilustración 40. Tanque de sedimentación primaria



(Expediente No 53704067 Puerto Gaitan, 2009)

- Tanque de Aireación:  
El sistema de aireación se realiza por medio de difusores de inyección de aire. La forma del tanque es rectangular construido en concreto reforzado (Tabla 55, e Ilustración 41).

Tabla 55. Tanque

Características	Und	Valor	RAS 2000	Concepto
Tiempo de retención	Hr	8	-	-
Volumen total	m <sup>3</sup>	1728,3	-	-
Ancho	m	20	-	-
Largo	m	20	-	-
Profundidad	m	4,20	4-5	Cumple

(Expediente No 53704067 Puerto Gaitan, 2009)



Ilustración 41. Tanque de Aireación

- Sedimentador secundario  
De forma rectangular construido en concreto reforzado ( Tabla 56 e Ilustración 42)



Ilustración 42. Sedimentador

Tabla 56. Sedimentador secundario

Características	Und	Valor
Carga Superficial	m/día	153*
Tiempo de Retención	Hr	0,15*
Volumen	m <sup>3</sup>	10,80*
profundidad	m	1,20*
Largo	m	4*
Ancho	m	3*
Volumen Real total	m <sup>3</sup>	14,44*
Área aproximada 2 unidades	m <sup>2</sup>	24*

\*(Expediente No 53704067 Puerto Gaitan, 2009)

- Clorador de paso, con ajuste de concentración (Tabla 57 e Ilustración 43)

Tabla 57. Clorador de Paso

Características	Und	Valor
Periodo de Retención	Hr	0,15*
Volumen Requerido	m <sup>3</sup>	10,80*
Díámetro	m	0,7*
h	m	1*

\*(Expediente No 53704067 Puerto Gaitan, 2009)



Ilustración 43. Clorador

La planta de tratamiento que fue construida en el año 2010, está diseñada para un caudal de 60 l/s y según el operario, actualmente está tratando aproximadamente 29.5 l/s. Debido a que la empresa no cuenta con un sistema de bombeo suficiente, parte del caudal está siendo evacuado por medio de un By-Pass directamente al río.

### 3.8 San Martín

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del Municipio de San Martín se encuentra ubicada al sur- este del Municipio (Ilustración 44 y Tabla 58).

Ilustración 44. Ubicación Geográfica PTAR San Martín



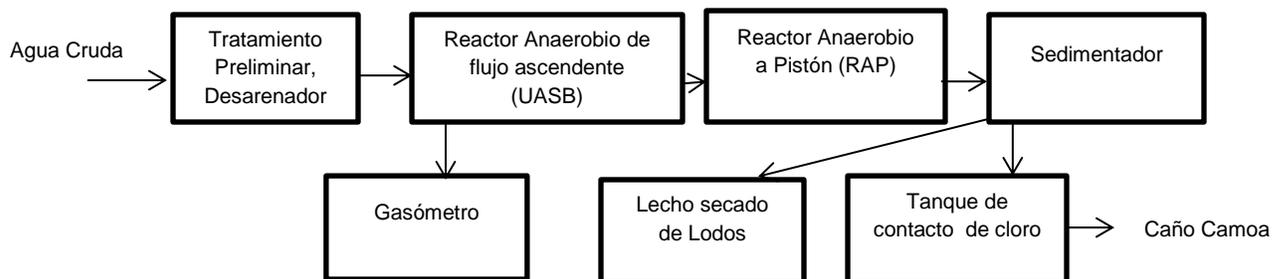
(Google Earth )

Tabla 58. Coordenadas PTAR San Martín

DESCRIPCION	COORDENADAS		DATUM
	NORTE	ESTE	
PTAR San Martin	3°40'59.58"N	73°41'7.93"O	GEOGRAFICAS

Los procesos de que consta la Planta de tratamiento de aguas residuales están contenidos en la Figura 36.

Figura 36. Diagrama de flujo PTAR San Martín



- Tratamiento Preliminar

La PTAR está diseñada para un caudal de 75 L/s.

El sistema de tratamiento preliminar consta de cribado, desarenadores y vertedero, posee dos unidades en paralelo. Al ingreso de la planta existe un BY – PASS. Ingres a con una tubería en Novafort con un diámetro de 36” (Tabla 59 e Ilustración 45).

Tabla 59. Rejillas

Características	Und	Valor
No Rejillas Manuales	und	6*
Retención de Material	pulg	1*
Retención de Material menor	pulg	1/2*
Rejilla largo	m	1*
Rejilla Ancho	m	1,2*
Peso específico	g/mm <sup>3</sup>	1,3*
Diámetro Superior	mm	2*

\*(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 45. Rejillas

Desarenador de flujo horizontal.

Estructura en concreto reforzado cuenta con dos vertederos tipo Sutro al final de la estructura (Tabla 60 e Ilustración 46).

Tabla 60. Desarenador y vertederos

Características	Und	Diseño	RAS 2000	Concepto
No unidades	und	2*	-	-
Ancho und	m	1*	-	-
Largo	m	12*	-	-
Relación largo: Ancho	m	12:1	2,5:1 a 5:1	Cumple
Profundidad	m	1,0*	-	-
Relación Ancho: Profundidad	m	1:1,0	1:1 a 5:1	Cumple
Tasa superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	21*	-	-
Tasa Superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	504*	700-1600	Cumple
Largo de Vertedero	m	1*	-	-
Ancho del Vertedero	m	1,2*	-	-

(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 46. Desarenador y Vertederos

Reactor UASB:

Está construido en forma cuadrada en concreto reforzado (Tabla 61 e Ilustración 47).

Tabla 61. Reactor UASB

Características	Und	Valor
Ancho	m	30*
Largo	m	30*
válvulas	und	4*

\*(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 47. Reactor UASB

Reactor RAP:

De forma rectangular construido en concreto reforzado (Tabla 62 e Ilustración 48).

Tabla 62. Reactor RAP

Características	Und	Valor
Ancho	m	30*
Longitud	m	40*

\*(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 48. Reactor RAP

Sedimentador secundario de tasa alta:

Estructura de forma rectangular (Ilustración 49 y Tabla 63).

Tabla 63. Sedimentador secundario

Características	Und	Valor
Ancho	m	7,5*
Largo	m	25*

\*(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 49. Sedimentador Secundario

Tanque de contacto con cloro: Tanque en concreto reforzado de forma rectangular. (Tabla 64 e Ilustración 50).

Tabla 64. Tanque de Contacto con cloro

Características	Und	Valor
Ancho	m	4,40*
Longitud	m	14*
Caudal Promedio por unidad	l/s	38-40*
Dosificación de cloro	Lb/día	20*

\*(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 50. Tanque de Contacto

Lechos de secado de lodos: 12 unidades de lechos de secado (Tabla 65 e Ilustración 51)

Tabla 65. Lechos de secado

Características	Und	Valor
No. Celdas	und	12*
Volumen Útil por celda	m <sup>3</sup>	22*
Ancho cada celda	m	4*
Longitud	m	8*
Altura Útil	m	0.7*
Altura Total del Lecho	m	1,1*
Altura total hasta Cubierta	m	4*

\*(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 51. Lechos de Secado

### 3.9 Uribe

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del Municipio de Uribe se encuentra ubicada al sur- oeste del Municipio (Ilustración 52 y Tabla 66)

Ilustración 52. Ubicación PTAR Uribe



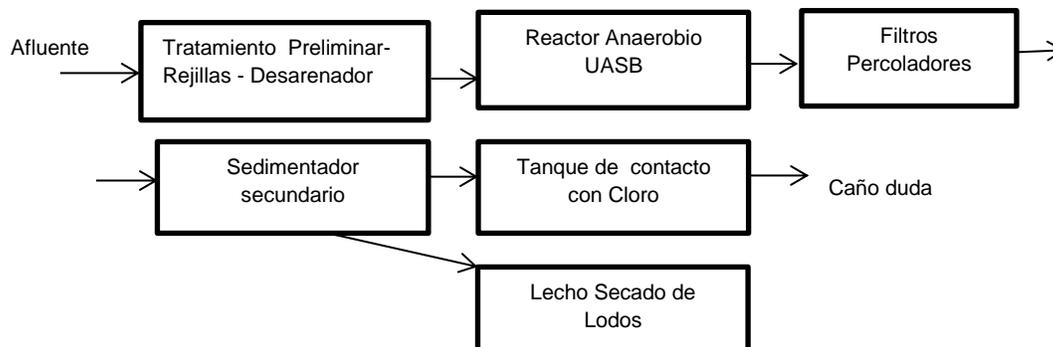
(Google Earth)

Tabla 66. Coordenadas Geográficas

Descripción	Coordenadas		Datum
	Norte	Este	
PTAR Uribe	3°14'7.78"N	74°21'16.87"O	Geográficas

Los procesos de que consta la Planta de tratamiento de aguas residuales están contenidos en la Figura 37.

Figura 37. Diagrama de flujo PTAR Uribe



- Tratamiento preliminar  
Construido en concreto reforzado de forma rectangular, abierto, compuesto por tres canales con rejillas, ubicados paralelamente, de limpieza manual. (Ilustración 53 y Tabla 67 y 68).



Ilustración 53. Tratamiento Preliminar

Tabla 67. Cribado

Características	Und	Valor
No. Rejillas	und	6*
Retención mayor rejillas	cm	2*
2° Retención rejillas	cm	1
Largo Rejilla	m	0,58
Ancho Rejilla	m	1,0

\*(Edesa Meta, 2012)

Tabla 68. Desarenador

Características	Und	Valor	RAS 2000	Concepto
Ancho x und	m	0,58*	-	-
Largo x und	m	4,5*	-	-
Profundidad und	m	1,0*	2-5	No cumple
Relación Largo: Ancho	m	4,5:0,58	2,5:1 a 5:1	Cumple
Relación Ancho: Prof	m	0,58:1,0	1:1 a 5:1	Cumple
Caudal und	l/s	60*	-	-
A tanque	m <sup>2</sup>	5,22*	-	-
CS	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	41,37*	-	-
No vertederos	Und	3*	-	-
Ancho Vertedero	m	1*	-	-
Largo Vertedero	m	0,58*	-	-

\*(Edesa Meta, 2012)

Tratamiento primario – Reactor UASB. (Tabla 69 e Ilustración 54).

Tabla 69. Reactor Anaerobio UASB

Características	Und	Valor
Ancho	m	4,50*
Altura Útil	m	2,80*
Volumen Total	m <sup>3</sup>	56,0*
Volumen Util	%	60*
Volumen líquido	m <sup>3</sup>	33,60*
Caudal Medio	l/s	7,1*
TRH	h	1,31*
Tasa desbordamiento superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	50,5*

\*(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 54. Reactor Anaerobio

Tanque filtro percolador:

La planta cuenta con dos filtros percoladores abiertos en su parte superior, construidos en fibra de vidrio con medio de contacto sintético.

Los caudales afluentes son distribuidos en proporción a las áreas superficiales, es decir 65% del caudal para el primero y 35% para el segundo aproximadamente. (Tabla 70 e Ilustración 55).

Tabla 70. Filtro Percolador

Filtros	Características	Und	Valor
Filtros General	Diámetro Filtro No 1	m	4.4*
	Diámetro Filtro No 2	m	2.5*
	Altura Total	m	4.0*
	Borde Libre	m	0.75*
	Falso Fondo	m	0.25*
	Profundidad Efectiva del Lecho	m	3.0*
	Caudal Medio afluente lecho	l/s	4.6*
Tasa Media	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -d	43.8*	
Filtro percolador 1	Q	l/s	39*
	A tanque	m <sup>2</sup>	15.21*
	TS	l/m <sup>2</sup> s	2.56*
Filtro Percolador 2	Q	l/s	21*
	Atanque	m <sup>2</sup>	4.91*
	TS	L/m <sup>2</sup> .s	4.27*

\*(Edesa Meta, 2012)<sup>a</sup> (EDESA, Tecnoambiental Uribe, 2014)



Ilustración 55. Filtros percoladores

- Sedimentadores secundarios:  
Son rectangulares de flujo horizontal en concreto reforzado, (Tabla 71 e Ilustración 56).



Ilustración 56. Sedimentador secundario

Tabla 71. Sedimentador Secundario

Características	Und	Valor	RAS 2000	concepto
largo	m	9*	-	-
Ancho	m	3*	-	-
Profundidad	m	3,75*	3-6	Cumple
Largo 2	m	4*	-	-
Ancho 2	m	3*	-	-
Profundidad 2	m	2,25*	3-6	No Cumple
Tas Hidráulica	m/d	66,48*	40-48	No Cumple
Tasa Hidráulica 2	m/d	151,2*	40-48	No Cumple

\*(Edesa Meta, 2012)

- Tanque de contacto con cloro:  
Tanque homogéneo en concreto reforzado de forma rectangular. (Tabla 72 e Ilustraciones 57 y 58).

Tabla 72. Tanque de Contacto con cloro

Características	Und	Valor
longitud	m	6,7*
Ancho	m	1,05*
Profundidad	m	1,2*
Longitud 2	m	4*
Ancho	m	1,2*
Profundidad	m	1,2*
TRH 1	h	0,06*
TRH 2	h	0,07*

\*(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 57. Tanque de contacto

Ilustración 58. Tanque de contacto

- Lecho de secado de lodos:  
Compuesto por dos unidades en concreto reforzado (Tabla 73 e Ilustración 59).

Tabla 73. Lechos de secado de lodos

Características	Und	Valor
Longitud	m	2,8*
Ancho	m	2,1*
Altura Útil	m	0,5*

\*(Edesa Meta, 2012)



Ilustración 59. Lechos de secado

#### 4. SISTEMA DE ALCANTARILLADO:

La Tabla 74 muestra el tipo y la longitud de los alcantarillados de los municipios con sistema de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 74. Tipo de sistema de alcantarillado

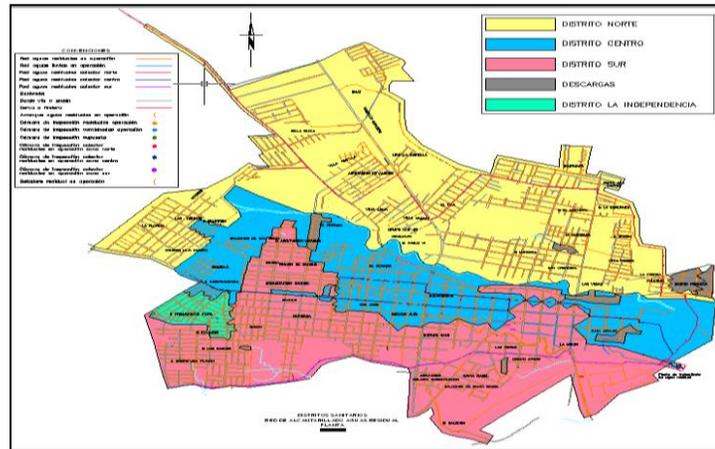
Municipio	TIPO	Longitud Total(m)
Acacías	Sanitario*	135352
Cabuyaro	Sanitario*	3713
Castilla la Nueva	Sanitario*	4692
Cumará	Sanitario *	39513
El Castillo	Sanitario *	8577
Guamá	Sanitario *	25808
Puerto Gaitán	Sanitario *	8839
San Martín	Sanitario *	49870
Uribe	Sanitario *	7365

\* (Cormacarena PSMV)

##### 4.1 Acacías

El sistema de alcantarillado del municipio de Acacías está dividido en tres distritos Norte, Sur, y Centro; la mayor parte de los tramos de tuberías se encuentran construidos en Gress. ( Ilustración 60 y Tabla 75 y 76).

Ilustración 60. Sistema de Alcantarillado Municipio de Acacías



(Gobernacion del Meta PMAA, 2009)

Tabla 75. Promedio Áreas por Distrito

Distrito Residual	Promedio
Distrito Residual Norte	49%
Distrito Residual Centro	21%
Distrito Residual Sur	30%

(Expediente No 5.37.04.099 Acacias, 2011)

Tabla 76. Resumen del Sistema de Alcantarillado

MATERIAL	NUMERO DE TRAMOS	LONGITUD (m.)	TRAMOS INSUFICIENTES	LONGITUD (m.)
CONCRETO	47	3333	24	2139
GRESS	1602	101053	289	19553
PVC	551	30966	142	8675
TOTAL	2200	135352	455	30368

(Expediente No 5.37.04.099 Acacias, 2011)

El sistema de alcantarillado de Acacias, conduce la totalidad de sus aguas residuales a la PTAR, excepto las del barrio Las Vegas que por limitaciones topográficas vierte directamente al río Acaciñas.

El emisario final que llega a la PTAR está construido en PVC de 36”.

#### 4.2 Cabuyaro

El alcantarillado del municipio de Cabuyaro está totalmente construido en PVC, tiene una cobertura del 76%. El 24%, restante corresponde a la zona urbana baja donde por limitaciones topográficas sus vertimientos van directamente a un cuerpo de agua receptor. (Tabla 77)

Tabla 77. Consolidado del sistema de alcantarillado

Descripción	Und	Valor
Tubería PVC diámetro de 8”	M	2933*
Tubería PVC diámetro de 10”	M	111*
Tubería PVC diámetro de 12”	M	669*
Longitud Total PVC	M	3713*
No colectores	Und	42*
Cámaras de Inspección	Und	48*

\*(Expediente 97-0278 Psmv Cabuyaro, 2010)

#### 4.3 Castilla la Nueva

De acuerdo con el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Castilla la Nueva, un 39 % de la red de alcantarillado se encuentra construida en Gress y un 61% de la tubería en PVC. La mayor parte de la red

corresponde a diámetros entre 8 “y 12”. Presenta una cobertura del 99,9%, con una Longitud de 4692 m. La totalidad de las aguas residuales llegan directamente a la PTAR.

#### 4.4 Cumaral

El sistema de alcantarillado del Municipio de Cumaral está dividido en 3 sectores. Sector 1 con un área de 152,52 hectáreas, Sector 2 con un área de 11,64 hectáreas y Sector 3 con un área de 3,46 hectáreas, para una longitud total de 39513 m con las características mostradas en la Tabla 78. El 67,95 % (26.854,40 m.) se halla construido en PVC, el 31,5 % (12.445 m.) en gress y el restante ( 218,34 m.) 0,55 % en concreto. El 97,8 % en área, conduce las aguas residuales directamente a la PTAR y el 2,2 % restante vierte directamente al Caño Pecuca.

Tabla 78. Sectores

Sector	Descripción	Und	Valor
1	Área	Ha	152,52*
	vertimiento	und	PTAR*
2	Área	Ha	11,64*
	vertimiento	und	Caño
3	Área	Ha	3,46*
	vertimiento	und	PTAR*

\*(Edesa Meta, 2012)

#### 4.5 El Castillo

Según el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, se recolectan y evacúan en forma separada las aguas lluvias y las aguas residuales, pese al gran número de conexiones erradas y a que en las viviendas sus redes son combinadas (Tabla 79) Utiliza diámetros desde 8” a 18”. El 41,25 % de la red (3559,44 m) está construida en PVC y el restante 56,75% (5017, 63 m.) en gress.

Tabla 79. Consolidado del Sistema de Alcantarillado

Diámetro Pulgadas	PVC (m)	GRESS (m)	Total General (m)
8	1620,07	4512,93	6133
10	1457,07	272,7	1729
12	482,3		482
14		109	109
18		123	123
Total General	3559,44	5017,63	8577,07
Porcentaje (%)	41,25	56,75	

(Expediente No 5.37.04.412 El castillo, 2009)

#### 4.6 Guamal

El sistema de alcantarillado sanitario tiene una cobertura del 85,48 % y funciona con cuatro cuencas sanitarias que drenan el área urbana de Guamal. Cuenca Sanitaria I (Distrito Central) drena el 55,3% del área, Cuenca Sanitaria II (Distrito Sur) drena el 18% del área y la Cuenca III (Distrito Occidental) drena el 25 % del área. Tiene una longitud de 25.808,36 m, 423 pozos. El 46,74% se halla construido en Gress y el restante 53,26 % en PVC (Tabla 80)

Tabla 80. Consolidado red de Alcantarillado

Diámetro ( in)	No de Tramos	Longitud (m)	Material	Tramos insuficientes	Longitud	Área Tributaria(Ha)
8	3	50	GRES	1	21,3	53,54
8	82	2074,7	PVC	20	1186,4	
10	197	11516,9	GRES	18	773,6	
12	34	2591,9	PVC	10	1238,7	
12	2	144,8	GRES	1	75,9	
14	50	3323,4	PVC	9	636,7	
16	7	351,8	GRES	2	165,7	
	63	5315,6	PVC	21	1959,8	
	9	439,2	PVC	7	424,7	
TOTAL	447	25808		89	6482	

(Expediente No 5.37. 04.235 Psmv Guamal, 2010)

#### 4.7 Puerto Gaitán

Cuenta con sistema de alcantarillado combinado, construido hace 30 años, tiene una cobertura comercial actual del 67% y una cobertura efectiva del 99%. El 1 % vierte sus aguas al Caño Trampolín y al Río Manacacías. (Tabla 81). Existe una parte baja del municipio que tiene sistema de bombeo hacia a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 81. Sistema de alcantarillado

Descripción	Unidad	valor
Longitud PVC8 "	m	6199*
Longitud PVC10"	m	483*
Longitud PVC 12 "	m	446*
Longitud PVC 16 "	m	990*
Longitud Gres 8 "	m	681*
Longitud Gres 10"	m	40*
Longitud Total tramos	m	8839*

\* (Edesa Meta, 2012)

#### 4.8 San Martín

El alcantarillado del municipio de San Martín posee una cobertura de cerca del 100% de la población, con tuberías en PVC y Gress, con diámetros desde 8" a 39". La red sanitaria tiene una longitud de 49.870,62. (Tabla 82).

Tabla 82. Características del Alcantarillado

Descripción	Und	Valor
Longitud Total de Tramos	m	49870,6*
No colectores	und	610*
Diámetros	"	8" a 39"*
Cámaras de Inspección	und	753*
Estado de las cámaras	Colmatados	37*
	Combinados	7*
	Tapados	5*

\*(Edesa Meta, 2012)

#### 4.9 Uribe

El sistema de alcantarillado se compone de aproximadamente 7,4 km de tuberías en PVC, con diámetros que varían entre 6" a 10". Las conexiones domiciliarias están construidas en su mayoría en tuberías de 6" en PVC, con su respectiva caja de inspección (Tabla 83).

Tabla 83. Características del alcantarillado

Descripción	Und	Valor
Longitud de tramos	m	7365*
Longitud de 6"	m	3023*
Longitud de 8"	m	2029*
Longitud de 10"	m	2118*
Pozos de Inspección	m	73*

\*(Edesa Meta, 2012)

#### 4.10 Relación de longitud de Red/Habitante

En la Tabla 84 se muestra la relación longitud de redes/ habitante en los municipios estudiados, que arroja un promedio de 2,4 m/Hab que no difiere mucho con el de otras localidades de Colombia tomadas al azar. (Palmira, Caloto y Pupiales). (Ministerio de Salud, 2013)

Tabla 84. Long Red/Hab.

MUNICIPIO	PROYECCION POBLACION DANE 2016 CABECERA (Hab)	LONGITUD RED AGUAS RESIDUALES (m)	m/ Hab
Acacías	59.528	135.352	2,27
Cabuyaro	1.764	3.713	2,10
Castilla La Nueva	5.021	4.692	0,93
Cumaral	12.364	39.513	3,20
El Castillo	2.078	8.577	4,13
Guamal	6.858	25.808	3,76
Puerto Gaitán	7.812	8.839	1,13
San Martín	22.295	49.870	2,24
Uribe	3.966	7.365	1,86
<b>Promedio</b>			<b>2,40</b>
Palmira	283431	505.000*	1,78
Caloto	4.352	11.300 <sup>a</sup>	2,60
Pupiales	5556	18.463 <sup>a</sup>	3,32

\*(Aguas de Palmira S.A . E.S.P, 2015)<sup>a</sup> (Ministerio de Salud , 2013 )

## 5. FUENTES RECEPTORAS

En la Tabla 85 se relacionan las diferentes fuentes receptoras de los municipios con sistema de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 85. Fuente receptora

Municipio	Observaciones	Fuente
Acacías	Gran parte de las aguas son vertidas al río Acacías y la otra parte al caño Acaciñas provenientes del barrio las Vegas	Río Acacías
Cabuyaro	Las aguas residuales son vertidas al río Meta.	Río Meta
Castilla la Nueva	El agua sale de la PTAR y es vertida al río Guamal.	Río Guamal
Cumaral	Caño Mayuga proveniente de la PTAR y al Río Guacavía sin tratamiento alguno por medio de un Bypass	Caño Mayuga , Río Guacavía
El Castillo	Vertimiento caño Uruimes el cual desemboca en el río Ariari	caño Uruimes
Guamal	El agua que por condiciones de diseño una parte de la red de alcantarillado no alcanza la cota de la PTAR es vertida al caño Palomarcado y la que ingresa a la PTAR por medio de una tubería es vertida al río Guamal.	Caño Palomarcado y al río Guamal
Puerto Gaitán	El sistema de alcantarillado recoge aguas residuales de gran parte del municipio y es dirigida a la PTAR y de allí al río Manacacías y otra parte sale de un barrio cuyo efluente desemboca directamente al mismo río .	Río Manacacías
San Martín	Las aguas residuales están siendo vertidas directamente al río por medio de una BY-PASS antes de llegar a la PTAR.	Caño Camoa
Uribe	La descarga principal se realiza sobre el caño Duda, en un punto localizado al costado sur del casco urbano.	Caño duda

Solo un 31% de municipios del Meta tiene sistema de tratamiento de aguas residuales, con el agravante que la mayoría de ellos operan parcialmente o están fuera de servicio Tabla 86 En consecuencia, una buena parte de la carga contaminante está siendo vertida directamente a los diferentes cuerpos de agua receptores sin ningún tipo de tratamiento.

Tabla 86.Sistema de tratamiento Municipales

Municipio	Sistema	Cobertura	Situación Actual
Acacías	PTAR de Tipo secundario con filtro Percolador	90%	Fuera de servicio
Cabuyaro	Laguna Facultativa	76 %	Operando
Castilla La Nueva	Tratamiento secundario anaerobio con UASB Y RAP y desinfección	100 %	Operando
Cumaral	PTAR de Tipo secundario con filtro Percolador	97,8 %	Operando
El Castillo	Tratamiento secundario con laguna Facultativa	90%	Operando
Guamal	PTAR de Tipo secundario anaerobio UASB y filtro Aerobio	90 %	Fuera de Servicio
Puerto Gaitán	PTAR de tipo secundario con reactor Aireado	99 %	Operación Parcial
Uribe	Tratamiento secundario con reactor anaerobio y filtro percolador.	100 %	Operando
San Martín	Tratamiento secundario con UASB , RAP y desinfección	100 %	Fuera de servicio

Los 9 sistemas de tratamiento de aguas residuales tres de estas están fuera de servicio, cinco se encuentran operando y una ópera parcialmente.

## 6. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO Y OPERACIÓN

### 6.1 Caudales de diseño

En la Tabla 87 se resumen los caudales de diseño de las PTAR existentes.

Tabla 87. Resumen caudales de diseño

MUNICIPIO	POBLACION DISEÑO (Hab)	NIVEL DE COMPLEJIDAD DISEÑO	DOTACION NETA DISEÑO (l/s)	COEFICIENTE DE RETORNO DISEÑO	CAUDAL DE DISEÑO (l/s)	CAUDAL MAXIMO DIARIO PROYECTADO (l/s)	CAUDAL MAXIMO HORARIO PROYECTADO (l/s)
Acacias	62354	ALTO	225	0,8	129,9041667	155,9	236,4
Cabuyaro	-	-	-	-	-	-	-
Castilla la nueva	15421	MEDIO ALTO	200	0,8	28,55740741	34,3	48,0
El Castillo	3095	MEDIO	-	-	13	-	-
Cumaral	-	-	-	-	100	-	-
Guamal	9500	MEDIO	-	-	16	-	-
Puerto Gaitán	-	-	-	-	60	-	-
San Martín	-	-	-	-	75	-	-
Uribe	--	-	-	-	25,5	-	-

## 6.2 Características de Operación

En las Tablas 88,89, 90 y 91 se presentan los resultados de la caracterización del agua residual, las cargas contaminantes y la evaluación comparativa con los criterios de la resolución 0631 de 2015.

Como se observa en la tabla 90 y 91, las PTAR de Acacias y de San Martín no satisfacen los criterios de vertimiento de la resolución 0631 de 2015.

Tabla 88. Caracterización del agua residual Afluente y Efluente en los diferentes Municipios

MUNICIPIO	UBICACIÓN	PH	TEMPERATURA	CAUDAL PROMEDIO	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO(DBO5)	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES(SST)	GRASAS Y ACEITES	FUENTE
		UN	° C	l/s	mgO2/L	mgO2/L	mg/l	mg/l	
Acacias	Afluente	6,82	7,18	-	429	299	26,6	53,7	(ESPA, Tecnoambiental Acacias, 2015)
	Efluente	7,18	26,8	40	323	157	26	29,6	(ESPA, Tecnoambiental Acacias, 2015)
	Afluente(2)	6,70	-	176,08	229	181	286	23,1	(Expediente No 5.37.04.099 Acacias, 2011)
	Efluente(2)	6,81	-	176,08	149	120	96	7,4	(Expediente No 5.37.04.099 Acacias, 2011)
Cabuyaro	Afluente	-	-	6	448	128	286	84	PSMV (Expediente 97-0278 Psmv Cabuyaro, 2010)
	Efluente	-	-	6	229	63	96	6,5	(Expediente 97-0278 Psmv Cabuyaro, 2010)
Castilla la Nueva	Afluente	7,02	28,7	8,7	662	299	240	89,1	(AGUA CASTILLA, Tecnoambiental Castilla , 2015)
	Efluente	7,02	30,1	3,1	331	157	17	7,0	(AGUA CASTILLA, Tecnoambiental Castilla , 2015)
El Castillo	Afluente	7,37	24,2	13	143	99	36	0,9	(Consorcio planta Castillo , 2016)
	Efluente	7,52	24,3	13	32	28	16	<0,8	(Consorcio planta Castillo , 2016)
Cumarál	Afluente	7,06	25,5	48,4	128	65	40	33,5	(EDESA Tecnoambiental cumaral, 2014)
	Efluente	7,07	25,6	12,2	104	25	16	11,1	(EDESA Tecnoambiental cumaral, 2014)
Guamal	Afluente	--	-	12,5	134	85	34	14,2	(Expediente No 5.37. 04.235 Psmv Guamal, 2010)
	Efluente	-	-	3,1	114	94	24	8,7	(Expediente No 5.37. 04.235 Psmv Guamal, 2010)
San Martín	Afluente	6,81	26,8	39,1	462	245	197	99,5	(EDESA, Tecnoambiental San Martín , 2014)
	Efluente	6,90	27,1	35,9	187	72	17	20,8	(EDESA, Tecnoambiental San Martín , 2014)
Uribe	Afluente	6,98	27,2	4,55	336	172	75	38,5	(EDESA, Tecnoambiental Uribe, 2014)
	Efluente	7,20	26,7	4,07	217	111	36	8,5	(EDESA, Tecnoambiental Uribe, 2014)

Tabla 89. Carga contaminante

MUNICIPIO	UBICACIÓN	CAUDAL PROMEDIO	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	CARGA (DQO)	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO5)	CARGA (DBO5)	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	CARGA (SST)	GRASAS Y ACEITES	CARGA GRASAS Y ACEITES
Unidad		l/s	mgO2/L	kg/d	mgO2/L	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
Acacías	Afluente	-	429	-	299	-	26,6	-	53,7	-
	Efluente	40	323	1116	157	542	26	89	29,6	102
	Afluente	176,08	229	3483	181	2753	286	4351	23,1	352
	Efluente	176,08	149	2266	120	1825	96	1460	7,4	113
Cabuyaro	Afluente	6	448	232	128	66	286	148	84	44
	Efluente	6	229	118	63	32	96	49	6,5	3,3
Castilla la Nueva	Afluente	8,7	662	497	299	224	240	180	89,1	67
	Efluente	3,1	331	88	157	42	17	4	7	1,9
El Castillo	Afluente	13	143	160	99	111	36	40	0,9	1,0
	Efluente	13	32	35	28	31	16	17	0,7	0,8
Cumaral	Afluente	48,4	128	535	65	271	40	167	33,5	140
	Efluente	12,2	104	109	25	26	16	16	11,1	11
Guamal	Afluente	12,5	134	144	85	91	34	36	14,2	15
	Efluente	3,1	114	30	94	25	24	6	8,7	2
San Martín	Afluente	39,1	462	1560	245	827	197	665	99,5	336
	Efluente	35,9	187	580	72	223	17	52	20,8	64
Uribe	Afluente	4,55	336	132	172	67	75	29	38,5	15
	Efluente	4,07	217	76	111	39	36	12	8,5	3

Tabla 90. Comparativo con la Resolución 0631 del 2015

MUNICIPIO	CARGA	UNIDADES	AFLUENTE	EFLUENTE	NORMA 0631 DEL 2015 (mg/l)	NORMA 1594 DE 1984 (%)	EFICIENCIA REMOCION (%)	CUMPLE CON LA NORMA 1594 DE 1984	CUMPLE CON LA NORMA 0631 DEL 2015
ACACÍAS	Demanda Química de Oxígeno(DQO)	kg/día DQO	3483	2266	180	≥80% REMOCION	35%	NO	NO
	Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5)	kg/día DBO	2753	1825	90	≥80% REMOCION	34%	NO	NO
	Solidos suspendidos totales(SST)	kg/día SST	4351	1460	90	≥80% REMOCION	66%	NO	NO
	Grasas y Aceites	kg/día Grasas y aceites	352	113	20	≥80% REMOCION	68%	NO	NO
CABUYARO	Demanda Química de Oxígeno(DQO)	kg/día DQO	232	118	180	≥80% REMOCION	49%	NO	SI
	Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5)	kg/día DBO	66	32	90	≥80% REMOCION	51%	NO	SI
	Solidos suspendidos totales(SST)	kg/día SST	148	49	90	≥80% REMOCION	66%	NO	SI
	Grasas y Aceites	kg/día Grasas y aceites	43	3	20	≥80% REMOCION	92%	SI	SI
CASTILLA LA NUEVA	Demanda Química de Oxígeno(DQO)	kg/día DQO	497	88	180	≥80% REMOCION	82%	NO	SI
	Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5)	kg/día DBO	224	42	90	≥80% REMOCION	81%	NO	SI
	Solidos suspendidos totales(SST)	kg/día SST	180	5	90	≥80% REMOCION	97%	SI	SI
	Grasas y Aceites	kg/día Grasas y Aceites	67	1,8	20	≥80% REMOCION	97%	SI	SI
EL CASTILLO	Demanda Química de Oxígeno(DQO)	kg/día DQO	160	36	180	≥80% REMOCION	78%	NO	SI
	Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5)	kg/día DBO	111	31	90	≥80% REMOCION	72%	NO	SI
	Solidos suspendidos totales(SST)	kg/día SST	40	18	90	≥80% REMOCION	56%	NO	SI
	Grasas y Aceites	kg/día Grasas y aceites	1,0	0,8	20	≥80% REMOCION	22%	NO	SI

Tabla 91. Comparativo con la Resolución 0631 del 2015

MUNICIPIO	CARGA	UNIDADES	AFLUENTE	EFLUENTE	NORMA 0631 DEL 2015	NORMA 1594 DE 1984	EFICIENCIA REMOCION (%)	CUMPLE CON LA NORMA 1594 DE 1984	CUMPLE CON LA NORMA 0631 DEL 2015
CUMARAL	Demanda Química de Oxígeno(DQO)	kg/día DQO	535	109	180	≥80% REMOCION	80%	NO	SI
	Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5)	kg/día DBO	271	26	90	≥80% REMOCION	90%	SI	SI
	Solidos suspendidos totales(SST)	kg/día SST	167	16	90	≥80% REMOCION	90%	SI	SI
	Grasas y Aceites	kg/día Grasas y aceites	140	11	20	≥80% REMOCION	92%	SI	SI
GUAMAL	Demanda Química de Oxígeno(DQO)	kg/día DQO	144	30	180	≥80% REMOCION	79%	NO	SI
	Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5)	kg/día DBO5	91	25	90	≥80% REMOCION	73%	NO	SI
	Solidos suspendidos totales(SST)	kg/día SST	36	6	90	≥80% REMOCION	82%	NO	SI
	Grasas y Aceites	kg/día Grasas y aceites	15	2	20	≥80% REMOCION	85%	NO	SI
SAN MARTIN	Demanda Química de Oxígeno(DQO)	kg/día DQO	1560	580	180	≥80% REMOCION	63%	NO	NO
	Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5)	kg/día DBO	827	223	90	≥80% REMOCION	73%	NO	NO
	Solidos suspendidos totales(SST)	kg/día SST	665	52	90	≥80% REMOCION	92%	SI	NO
	Grasas y Aceites	kg/día Grasas y aceites	336	65	20	≥80% REMOCION	81%	NO	NO
URIBE	Demanda Química de Oxígeno(DQO)	kg/día DQO	132	76	180	≥80% REMOCION	42%	NO	SI
	Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5)	kg/día DBO	67	39	90	≥80% REMOCION	42%	NO	SI
	Solidos suspendidos totales(SST)	kg/día SST	29	12	90	≥80% REMOCION	57%	NO	SI
	Grasas y Aceites	kg/día Grasas y aceites	15	3	20	≥80% REMOCION	80%	NO	SI

## CONCLUSIONES

- Las cinco ciudades más populares del Meta son, en su orden, Acacías, Granada, Villavicencio, y Puerto López , De ellas Acacias solamente, posee PTAR.
- Todos los Municipios del departamento del Meta tienen Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV aprobados por la corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial la Macarena “CORMACARENA”.
- Un 59 % de los municipios del Meta cuentan con cobertura de alcantarillado del 80 – 100 %, un 31,5% con cobertura del 50%- 80%, y un 10% con cobertura 0-50%.
- Nueve municipios del Meta cuentan con cobertura de alcantarillado superior al 90%.
- Las cinco ciudades con mayor cobertura de alcantarillado son, en su orden: Castilla la Nueva (100%), Fuente de Oro (98%), Mesetas (97%), San Carlos de Guaroa (97%) y Cubarral (95%).
- En el Departamento del Meta hay nueve (9) sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales.
- Veinte municipios del Departamento del Meta no poseen Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR).
- Las nueve PTAR existentes están constituidas así: dos con Filtro Percolador; dos con UASB y RAP; dos con lagunas de estabilización; una con UASB y filtro aerobio; una con UASB y filtro percolador; y una con reactor aireado.
- De los 9 sistemas de tratamiento de aguas residuales tres están fuera de servicio, cinco se encuentran operando y una opera parcialmente.
- Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de los municipios de San Martín y Acacías, no satisfacen los criterios de vertimiento de la Resolución 0631 del 2015.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUA CASTILLA, Tecnoambiental Castilla . (febrero de 2015). Caracterizacion fisicoquimica del agua residual domestica planta- Pinares.
- Aguacastilla exped130.07.02.109. (14 de Noviembre de 2007). expediente cormacarena . *Plan de saneamiento y manejo de Vertimientos.*
- AGUAS DE CASTILLA . (2013). *plan de Gestion del riesgo y manejo de vertimientos.* Castilla La Nueva: INGEPROL.
- Aguas de Palmira S.A . E.S.P. (2015). *Informe de Gestion .*
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (28 de Julio de 2010). *Unwater.* Recuperado el 27 de diciembre de 2016, de Unwater:  
[http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml)
- Comision Nacional del Agua. (2014). *inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilizacion y de tratamiento de aguas resdiuales en Operacion .* Mexico: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos naturales.
- Comisiona nacional del agua . (2014). *Inventario nacional de Plantas de Potabilizacion y de tratamiento de aguas residuales en operacion.* Mexico: subdireccion general de Agua potable, Drenaje y saneamiento.
- consorcio castillo, Tecnoambiental S.A.S , Castillo. (2016). Caracterizacion fisicoquimica y Microbiologia de agua residual Domestica. villavicencio.
- Consorcio planta Castillo . (05 de 2016). caracterizacion fisicoquimica y Microbiologica del agua residual domestica.
- Coopsol del oriente Guamal. (2006). *Manual de Operacion y Mantenimiento.* Guamal : Proterra.
- Cormacarena PSMV. (s.f.). *Resoluciones de Aprobacion PSMV.* Meta.
- Cormacarena PSMV. (s.f.). *Resoluciones PSMV.* Meta.
- Cormacarena Villavicencio. (2010). Expediente Resolucion aprobacion PSMV . *Expediente 97-0851.* Villavicencio: psmv.
- Cormacarena, 2012-2015. (s.f.). *Informe de Gestion.* Villavicencio.

Cormacarena, P Lan Accion 2012-2015. (s.f.). *Plan Accion 2012-2015*. Villavicencio.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística . (2010). *Proyeccion Poblacion Dane*

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2010).

ECKENFELDER, W, W FORD, D. L Y ENGLANDE A. J. (2009). *Industrial Water Quality*. 4a ed Mc Graw Hill .

Edesa Meta. (2012). *Implementacion de la Estrategia de Aseguramiento de la Prestacion de servicios de Acueducto y Alcantarillado para 27 Municipios del Departamento del Meta*. Villavicencio: Gobernacion del Meta.

EDESA Tecnoambiental cumaral. (febrero de 2014). *Caracterizacion fisicoquimica del agua residual domestica cumaral*.

Edesa Tecnoambiental Guamal. (Julio de 2014). *Caracterizacion fisicoquimica del agua superficial Caño Palomarcado*.

Edesa Uribe. (Marzo de 2009). *Manual de Operacion y Mantenimiento PTAR*.

EDESA, Tecnoambiental San Martin . (Abril de 2014). *Caracterizacion fisicoquimica del agua residual domestica* .

EDESA, Tecnoambiental Uribe. (Marzo de 2014). *Caracterizacion Fisicoquimica del agua residual Uribe*.

El tiempo . (15 de diciembre de 2016). *Mi puerto lopez* . Obtenido de <http://www.mipuertolopez.com/2016/12/aplazada-inauguracion-de-planta-de.html>

ESPA, Tecnoambiental Acacias. (11 de 2015). *Caracterizacion Fisicoquimica del agua residual*.

Expediente 5.37.04.101 Mapiripan. (2010). *Resolucion Cormacarena* .

Expediente 5.37.04.209 Pto lleras. (2008). *Expediente Cormacarena psmv* .

Expediente 5.37.04.235. (2010). *Expediente Cormacarena*.

Expediente 5.37.04.411 Dorado. (s.f.). *Expediente cormacarena*.

Expediente 5.37.04.459 lejanias . (2010). *Expediente cormacarena* .

Expediente 5.37.04.480 La Macarena. (2010). *Expediente Cormacarena* .

Expediente 5.37.04.497 Mesetas . (2010). *Resolucion Cormacarena Psmv* .

Expediente 5.37.04.499 Granada. (s.f.). *Expediente Cormacarena Psmv* .

Expediente 5.37.04.506 Cumaral. (2008). Expediente Cormacarena .

Expediente 5.37.04.74 Barranca de Upia . (s.f.). Expediente Cormacarena.

Expediente 97-0278 Psmv Cabuyaro. (2010). Expediente cormacarena.

Expediente Cormacarena No5.37.04.197. (2010). Expediente cormacarena Psmv.

Expediente No 5.37.04.099 Acacias. (2011). expediente Cormacarena .

Expediente No 2087-2001 Uribe . (s.f.). Resolucion Cormacarena PSMV.

Expediente No 5.37. 04.235 Psmv Guamal. (2010). *Expediente Psmv cormacarena.*

Expediente No 5.37.04.039 Vistahermosa. (2010). Resolucion PSMV Cormacarena .

Expediente No 5.37.04.051 San Martin . (s.f.). Resolucion PSMV Cormacarena .

Expediente No 5.37.04.412 El castillo. (2009). *Expediente Cormacarena.*

expediente No 5.37.04.413 Puerto Concordia . (2010). Expediente Cormacarena .

Expediente No 5.37.04.434 Puerto Rico. (2010). Resolucion Cormacarena PSMV .

Expediente No 5.37.04.458 San carlos Guaroa . (s.f.). Resolucion Cormacarena PSMV .

Expediente No 5.37.04.469 Fuente de Oro. (2010). Expediente cormacarena .

Expediente No 5.37.2.05.25 San Juanito . (s.f.). Resolucion PSMV cormacarena .

Expediente No 53704067 Puerto Gaitan. (2009). *Expediente Cormacarena.*

Expediente No 97- 0851 Villavicencio. (s.f.). Resolucion PSMV Cormacarena .

Gobernacion del Meta PMAA. (2009). Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado.

Google Earth . (s.f.). Google Earth.

Guevara Díaz, J. M. (2003). *Métodos de estimación y ajuste de datos climáticos*. Caracas, Venezuela: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.

Ing Jairo Romero. (1994). *Acuitratamiento*. Santafe de Bogota: Escuela Colombiana de Ingenieria.

Ministerio de Agricultura, Ministerio de Salud. (23 de Julio de 1984). Resolucion 1594 de 1984. *Resolucion 1594 de 1984*. Colombia.

Ministerio de Agricultura, Ministerio de Salud y Departamento Naciona de Planeacion. (1984). Decreto 1594 de 1984. colombia.

Ministerio de Ambiente . (s.f.). Decreto 2667 del 2012.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Decreto 2667 de 2012. Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de Marzo de 2015). Resolucion 0631 de 2015. *Resolucion 0631 de 2015*. Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolucion 1076 de 2015. Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). Resolucion 1433 de 2004. Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Decreto 3930 de 2010. Colombia.

Ministerio de Desarrollo Economico. (2000). Resolucion 1096 de 2000. Colombia.

Ministerio de Desarrollo Economico. (Noviembre de 2000). *Reglamento Tecnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Basico* . Bogota .

Ministerio de Salud . (2013 ). *Estudio sobre la Geografia sanitaria de colombia* . Bogota.

Ministerio de Vivienda , Ciudad y Territorio. (2015). Resolucion No 0672 de 2015. Colombia.

Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *Resolucion 1433 de 2004* . Bogota: Secretaria General de La alcaldia Mayor de Bogota D.C.

PGRMV 5.37.04.424 Restrepo . (2015). Plan de Gestion del Riesgo y manejo de Vertimiento .

PGRMV Expediente No 5.37.04.412 El castillo. (2014). *Cormacarena PGRMV*.

Presidente de la Republica . (1974). Decreto 2811 de 1974. Colombia.

Resolucion 2219-02 San carlos de Guaroa. (2010). Resolucion Cormacarena PSMV .

Romero Rojas, J. A. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales* . Bogota: Escuela Colombiana de Ingenieria.

Superservicios. (2013). *Informe tecnico sobre sistema de Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogota: Imprenta Nacional de Colombia 978- 958-58203-3-3.

Superservicios. (2015). *Informe Sectorial de los servicios Publicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado* . Bogota: Superintendencia de Servicios Publicos Domiciliarios.

Tecnoambiental . (2015). *Caracterizacion Fisicoquimica del Agua en Acacias* . Acacias .

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME(UNEP). (2016). A Snapshot of the World`s water quality : Towards a Global assesment.