



**CONTRATO DE CONSULTORIA  
No. 447 DE 2021  
INFORME DE AVANCE A LA FECHA**



## **INFORME DE AVANCE A LA FECHA**

**CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 447 DE 2021  
QUE TIENE COMO OBJETO:**

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO Y PLUVIAL EN EL MUNICIPIO DEL GUAMO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA”.**

**DEPARTAMENTO DEL TOLIMA  
MUNICIPIO DEL GUAMO  
MAYO 2023**



## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
2.	OBJETIVOS DE LA CONSULTORÍA .....	11
2.1.	Objetivo General .....	11
2.2.	Objetivos específicos.....	11
3.	ALCANCE .....	12
<b>4.</b>	<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>15</b>
4.1.	LOCALIZACIÓN .....	15
5.	RELACIÓN DE EVENTOS CONTRACTUALES .....	16
6.	AVANCE SEGÚN PRODUCTOS DE LA CONSULTORÍA .....	17
6.1.	PRODUCTO I – TOPOGRAFÍA Y CATASTRO.....	17
6.1.1.	Topografía general del área urbana del municipio del Guamo. ....	17
6.1.1.1.	Posicionamiento de la red geodésica .....	17
6.1.1.2.	Trabajo de campo.....	18
6.1.1.3.	Postproceso .....	18
6.1.2.	Catastro del sistema de alcantarillado de aguas residuales, combinadas y pluviales del área urbana del municipio del Guamo.....	19
6.1.2.1.	Trabajo de campo.....	19
6.1.2.2.	Caracterización de la información levantada.....	20
6.1.2.3.	Planimetría .....	23
6.2.	PRODUCTO II – DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	25
6.2.1.	Diagnostico del sistema de alcantarillado .....	25
6.2.2.	Diagnostico Urbano.....	26
6.2.3.	Diagnostico Ambiental.....	29
6.3.	PRODUCTO III – PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	30
6.3.1.	Planteamiento y selección de alternativas para las redes principales. ....	30
6.3.1.1.	Planteamiento conceptual de alternativas .....	30
6.3.1.2.	Evaluación de alternativas.....	31
6.3.2.	Planteamiento y selección de alternativas para la PTAR del Subsistema Lemayá.32	

6.3.2.1.	Planteamiento y selección del lote de ubicación de la PTAR del subsistema Lemayá. ....	32
6.3.2.2.	Planteamiento y selección del sistema de tratamiento para la PTAR del subsistema Lemayá .....	34
6.3.2.2.1.	Planteamiento conceptual .....	34
6.3.2.2.2.	Evaluación de alternativas .....	36
6.3.3.	Planteamiento y selección de alternativas para la PTAR del Subsistema Luisa.	37
6.3.3.1.	Planteamiento y selección del lote de ubicación de la PTAR del subsistema Luisa .....	37
6.3.3.2.	Planteamiento y selección del sistema de tratamiento para la PTAR del subsistema Luisa .....	38
6.3.3.2.1.	Planteamiento conceptual .....	38
6.3.3.2.2.	Evaluación de alternativas .....	41
6.4.	PRODUCTO IV – DISEÑO DE ALCANTARILLADO Y DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	41
6.4.1.	Generalidades .....	41
6.4.1.1.	Áreas de drenaje. ....	41
6.4.1.2.	Hidrología .....	43
6.4.2.	Diseños definitivos de los colectores planteados dentro del Plan Maestro de Alcantarillado .....	45
6.4.2.1.	Topografía a detalle de los colectores proyectados por la consultoría .	45
6.4.2.2.	Diseños.....	45
6.4.2.3.	Diseños hidráulicos de los colectores Lemayá, Lemayá 2 y Sur, correspondientes a las redes principales del subsistema Lemayá.....	47
6.4.3.	Diseños definitivos de las redes secundarias pertenecientes al sistema de alcantarillado .....	49
6.4.4.	Diseños definitivos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para los subsistemas Luisa y Lemayá .....	49
6.4.4.1.	Topografía a detalle de las fuentes receptoras .....	49
6.4.4.2.	Diseños.....	50
6.4.5.	Exploración geotécnica .....	51
6.4.5.1.	Plan de exploración.....	51
6.4.6.	Presupuestos a detalle .....	52
6.5.	PRODUCTO V – FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO .....	52
6.5.1.	Propuesta de formulación para el Plan Maestro de Alcantarillado .....	52

6.6.	PRODUCTO VI – GESTIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL.....	53
6.6.1.	Gestión social .....	53
6.6.1.1.	Socialización inicial del proyecto .....	53
6.6.1.2.	Cartografía social .....	54
6.6.1.3.	Socialización de planteamiento y selección de alternativas .....	55
6.6.1.4.	Socialización final del proyecto. ....	55
6.6.2.	Gestión ambiental .....	55
6.6.2.1.	Estudios de calidad del agua .....	55
6.6.2.2.	Plan de Manejo Ambiental de obra .....	58
6.6.2.3.	Permisos de vertimientos .....	59
7.	AVANCE PORCENTUAL DEL CONTRATO DE CONSULTORÍA .....	60

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Localización del Proyecto .....	15
Figura 2 registro fotográfico del levantamiento topográfico realizado por la consultoría	18
Figura 3 ejemplo de planta perfil topográfica realizada por la consultoría. ....	19
Figura 4 formato utilizado para el levantamiento de información primaria del catastro. .	19
Figura 5 registro fotográfico de las actividades de campo correspondientes al catastro de alcantarillado. ....	20
Figura 6 ejemplo de planta zonificada de catastro entregada.....	23
Figura 7 ejemplo de planta perfil de catastro con información procesada .....	24
Figura 8 ejemplo de perfiles entregados de los tramos identificados durante el catastro.	25
Figura 9 mapa de ubicación de puntos críticos identificados por la consultoría. ....	26
Figura 10. Comparativo de información secundaria urbana recolectada .....	27
Figura 11 análisis multitemporal de licencias de construcción expedidas por el municipio .....	28
Figura 12 perímetro de prestación de servicios y la definición de sus usos del suelo .....	29
Figura 13 estudio de riesgo cualitativo por inundaciones para el área urbana del Guamo. ....	30
Figura 14 mapa de ubicación de los prospectos de lote de ubicación para la PTAR del subsistema Lemayá. ....	33
Figura 15. Mapa de ubicación de prospectos como ubicación para la PTAR del subsistema Luisa. ....	37
Figura 16 clasificación de usos de suelo para el perímetro de prestación de servicios definidos.....	42
Figura 17 división de áreas de drenaje para el perímetro de servicios definido por la consultoría.....	43
Figura 18 precipitación promedio mensual multianual .....	44
Figura 19 Curva IDF de la estación Guamo (21185030) .....	44
Figura 20 levantamiento topográfico del colector IFA, proyectado por la consultoría.....	45
Figura 21 Levantamiento topográfico del Colector SUR, proyectado por la consultoría..	45
Figura 22. División de subsistemas para el área urbana del municipio.....	46
Figura 23 colectores – interceptores proyectados (verde opaco – IFA, Amarillo – SANTA ANA, morado – LUISA, Rojo – LEMAYA, Marrón – LEMAYA 2, Verde limón – SUR).....	46
Figura 24 Áreas de drenaje y diseños de trazado Colector LEMAYA 2.....	47
Figura 25 Planimetría Colector Pluvial Lemayá .....	47
Figura 26 Planimetría Colector Sur .....	48
Figura 27 hoja de cálculo de diseño de las redes secundarias para el plan maestro de alcantarillado .....	49
Figura 28. Proceso y productos, topografía LIDAR.....	49
Figura 29 monumentación de placas en el predio escogido para implantar los diseños definitivos de la PTAR del subsistema Lemayá.....	50
Figura 30. Planos de diseños hidráulicos de las PTAR's de los subsistemas Luisa y Lemayá. ....	51
Figura 31 Registro fotográfico de la socialización inicial del contrato de consultoría.....	54
Figura 32 registro fotográfico de socialización de resultados de la cartografía social .....	54
Figura 33 registro fotográfico de la socialización de alternativas y avance del contrato.	55



CONTRATO DE CONSULTORIA  
No. 447 DE 2021  
INFORME DE AVANCE A LA FECHA



Figura 34 mapa de ubicación de muestreos de calidad de agua ..... 56  
Figura 35 registro fotográfico del trabajo de campo concerniente a los estudios de calidad de agua ..... 56  
Figura 36 Resultados de Índice de Calidad de Agua – ICA en el Río Luisa y la Quebrada Lemayá ..... 57  
Figura 37 Resultados ICOSUS en el Río Luisa y la Quebrada Lemayá ..... 57  
Figura 38 Resultados ICOMO en el Río Luisa y la Quebrada Lemayá..... 57  
Figura 39 muestra de la matriz de impactos ambientales realizada por la consultoría ..... 58



### LISTADO DE GRÁFICAS

<i>Grafica 1. Grafico de relación de avance contractual y tiempo restante del contrato ..</i>	<i>16</i>
<i>Grafica 2. Relación porcentual de pozos inspeccionados vs no inspeccionados .....</i>	<i>20</i>
<i>Grafica 3 relación porcentual entre materiales encontrados durante la verificación en campo.....</i>	<i>21</i>
<i>Grafica 4 relación porcentual de presencia de sedimentos en los pozos catastrados.....</i>	<i>21</i>
<i>Grafica 5 relación de depósitos predominantes en los pozos con presencia de sedimentación. ....</i>	<i>22</i>
<i>Grafica 6 relación de presencia o no de flujo represado en las cámaras de los pozos catastrados.....</i>	<i>22</i>
<i>Grafica 7 desglose de las 6 formulaciones planteadas por la consultoría .....</i>	<i>53</i>
<i>Grafica 8 flujo de trabajo para identificación e impactos .....</i>	<i>58</i>

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Relación de eventos contractuales del contrato de consultoría N°447 de 2021..	16
Tabla 2 Coordinadas planas de la red primaria.....	17
Tabla 3 Coordinadas planas de la red secundaria .....	17
Tabla 4. Matriz de calificación determinada por el consultor para determinar la alternativa más viable.....	31
Tabla 5 Calculo de la alternativa mas viable para las redes principales del área urbana del municipio. ....	32
Tabla 6 evaluación multiparámetro de los lotes escogidos como contendientes para la ubicación de la PTAR del subsistema Lemayá .....	33
Tabla 7. Planteamiento conceptual de la Alternativa 1 para el subsistema Lemayá.....	35
Tabla 8 Planteamiento conceptual de la Alternativa 2 para el subsistema Lemayá.....	35
Tabla 9 Planteamiento conceptual de la Alternativa 3 para el subsistema Lemayá.....	36
Tabla 10 evaluación multicriterio de los lotes identificados como posible ubicación de la PTAR del subsistema Luisa. ....	38
Tabla 11 Planteamiento conceptual de la Alternativa 1 para el subsistema Luisa. ....	39
Tabla 12 Planteamiento conceptual de la Alternativa 2 para el subsistema Luisa. ....	40
Tabla 13 Planteamiento conceptual de la Alternativa 3 para el subsistema Luisa. ....	40
Tabla 14. Evaluación de las alternativas planteadas para la PTAR Luisa, de acuerdo a evaluación multicriterio.....	41
Tabla 15. Check list de información necesaria para solicitar el permiso de vertimientos para la PTAR.....	59
Tabla 16. Relación de avance técnico porcentual por productos y subproductos .....	60

## 1. INTRODUCCIÓN

EL MUNICIPIO DEL GUAMO, adjudicó el **CONCURSO DE MÉRITOS ABIERTO No. 004 DE 2021**, cuyo objeto es “**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL MUNICIPIO DEL GUAMO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.**”, al **CONSORCIO PMA GUAMO**, representado legalmente por el ingeniero Jorge Alberto Ramos Salazar, identificado con cédula de ciudadanía No 79.893.182. Esta decisión estuvo soportada en las condiciones técnico económicas presentadas por dicho proponente y cuyos lineamientos fueron los idóneamente solicitadas por el ente encargado para encomendar tales fines.

Por lo anterior, el **CONSORCIO PMA GUAMO**, responsable de sus compromisos y técnicamente capacitado para adelantar los propósitos trazados, ha desarrollado sus labores tendientes a cumplir satisfactoriamente las metas pactadas por medio del contrato de Consultoría No. 447 de 2021 celebrado con el municipio del Guamo-Tolima, en ese orden de ideas, se ha decidido como parte de los documentos necesarios, en el buen desarrollo de las actividades, estructurar el presente informe denominado **INFORME DE AVANCE A LA FECHA DE REALIZACIÓN DEL MISMO.**

En términos generales, según lo establece el Contrato No. 447 de 2021, el proyecto se enmarca en los productos descritos a continuación:

- **Producto 1:** Catastro de Redes y Levantamiento Topográfico.
- **Producto 2:** Levantamiento de información base y diagnóstico del sistema de alcantarillado existente.
- **Producto 3:** Planteamiento y selección de alternativas Plan Maestro Alcantarillado.
- **Producto 4:** Diseño alcantarillado y diseño planta de Tratamiento de aguas residuales.
- **Producto 5:** Formulación del plan maestro de alcantarillado Sanitario y pluvial.
- **Producto 6:** Gestión social y ambiental.

## 2. OBJETIVOS DE LA CONSULTORÍA

### 2.1. Objetivo General

Realizar los estudios y diseños relacionados con el Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario y Pluvial del municipio de Guamo, departamento del Tolima, teniendo en cuenta la normatividad vigente del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y las disposiciones de las Corporaciones Ambientales.

### 2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar el catastro de redes y levantamiento topográfico.
- Realizar el levantamiento de información base para el diagnóstico del sistema de alcantarillado existente.
- Plantear y seleccionar la alternativa de mayor viabilidad para realizar los diseños del plan maestro de alcantarillado, teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos, ambientales, sociales y de riesgos.
- Elaborar los estudios y diseños a partir de la alternativa seleccionada para el proyecto.
- Formular el proyecto y obtener la viabilidad del mismo cumpliendo los requisitos del mecanismo de viabilización escogido.

### 3. ALCANCE

A continuación, se presenta el alcance de la consultoría de acuerdo con lo establecido en los estudios previos y demás documentos inherentes al contrato:

#### **Producto 1: Catastro de Redes y Levantamiento Topográfico.**

Realizar el catastro de redes y pozos de inspección, identificando profundidad, material, estado de la cañuela, del cuerpo del pozo, número de pasos, etc. Incluye ficha de campo con registro fotográfico y almacenamiento a una base de datos. Catastro según Normatividad vigente.

Levantamiento planimétrico y altimétrico de las redes de alcantarillado. Determinar el sistema de referencia, buscar los puntos certificados de amarre en "El Instituto Geográfico Agustín Codazzi" (IGAC). En los sitios en donde no se encuentran placas de arranque con coordenadas certificadas por el IGAC para realizar los amarres topográficos, se materializarán dos (2)" puntos mediante placas de bronce o aluminio previamente marcadas e instaladas sobre mojones de concreto o incrustadas en sardineles.

#### **Producto 2: Levantamiento de información base y diagnóstico del sistema de alcantarillado existente.**

Establecer la situación actual del Sistema de Alcantarillado, partiendo de un análisis de las características generales del municipio y cada uno de los componentes del sistema, desde la red de alcantarillado y estructuras existentes como pozos de inspección, colectores, alcantarillas y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, donde plantee su dinámica y establecer su comportamiento. Concluir el estado y la capacidad de cada estructura y la redes con su respectiva modelación hidráulica.

#### **Producto 3: Planteamiento y selección de alternativas Plan Maestro Alcantarillado**

Se debe plantear un análisis de alternativas de solución, con el fin de sustentar y definir el correspondiente diseño, desde el punto de vista técnico, económico, ambiental, social y de riesgos. El planteamiento de cada alternativa será de carácter preliminar y esquemático, con el fin de poder definir la alternativa más adecuada y conveniente para cada proyecto.

Se realizará alternativas de diseño del sistema de alcantarillado sanitario, diseño del sistema de alcantarillado pluvial y del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Las alternativas se seleccionarán en mesa técnica, donde deberán participar los actores involucrados en el proyecto.

#### **Producto 4: Diseño alcantarillado y diseño planta de Tratamiento de aguas residuales**

Sobre los planos topográficos se deben elaborar los planos de las áreas de aporte de aguas residuales y las áreas de drenaje de aguas lluvias.

Se estimarán los caudales de aguas residuales y aguas lluvias para cada uno de los tramos de la red de alcantarillado sanitario o pluvial, teniendo en cuenta los aportes respectivos por infiltraciones y conexiones erradas cuando aplique y de acuerdo con las curvas IDF indicadas en el Informe de Hidrología. El cálculo de caudales de aguas residuales debe realizarse para el año inicial y final del periodo de diseño.

Resumen Parámetros de diseño: en esta etapa se consideran todas las proyecciones de población y demanda con respecto al periodo de horizonte definido para el proyecto, de acuerdo a la recopilación de la información y antecedentes, proyecciones adoptadas, caudales de diseño y componentes.

Diseños definitivos: este debe incluir todos los estudios y diseños para ejecutar el proyecto, contemplados en estudio de suelos, diseños estructurales, diseños hidráulicos, diseños eléctricos, entre otros. Todos deben contener memorias técnicas de diseño y memorial de responsabilidad.

Planos de diseño y constructivos: Corresponde a todos los planos arquitectónicos, hidráulicos, sanitarios, estructurales, eléctricos, mecánicos y de instalaciones especiales, prediales y de detalles constructivos. Estos deben ser firmados y rotulados por profesionales debidamente facultados para realizar los diseños respectivos de acuerdo a lo definido en la normatividad vigente.

Elaborar el presupuesto general del proyecto, análisis de precios unitarios, cantidades de obra, especificaciones técnicas, plan de obras e inversión, cronograma de actividades y manual de operación y mantenimiento.

#### **Producto 5. Formulación del plan maestro de alcantarillado Sanitario y pluvial**

Para el desarrollo de esta fase, se debe partir del proyecto de diseño ya planteado y formulado, incluyendo todos los requisitos indispensables para la obtención de los recursos independientemente de la fuente de financiación a la que se van a postular dichos proyectos; dando cumplimiento a la lista de chequeo de la ventanilla única del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. El consultor aportará y realizará la revisión y ajustes de los requisitos necesarios hasta obtener la viabilidad técnica, pero las demás entidades involucradas se encargarán de la gestión de acuerdo a su responsabilidad dentro del proceso.

#### **Producto 6: Gestión social y ambiental**

Para el desarrollo de este producto se debe realizar las gestiones necesarias para el trámite de obtención de licencia ambiental de vertimientos para lo cual la entidad deberá suministrar la información necesaria para tal fin, de acuerdo con los requerido por la Corporación Autónoma Regional del Tolima – CORTOLIMA.

Además, se formulará el Plan de Gestión Ambiental necesario para la ejecución de las obras del proyecto.



**CONTRATO DE CONSULTORIA  
No. 447 DE 2021**

**INFORME DE AVANCE A LA FECHA**



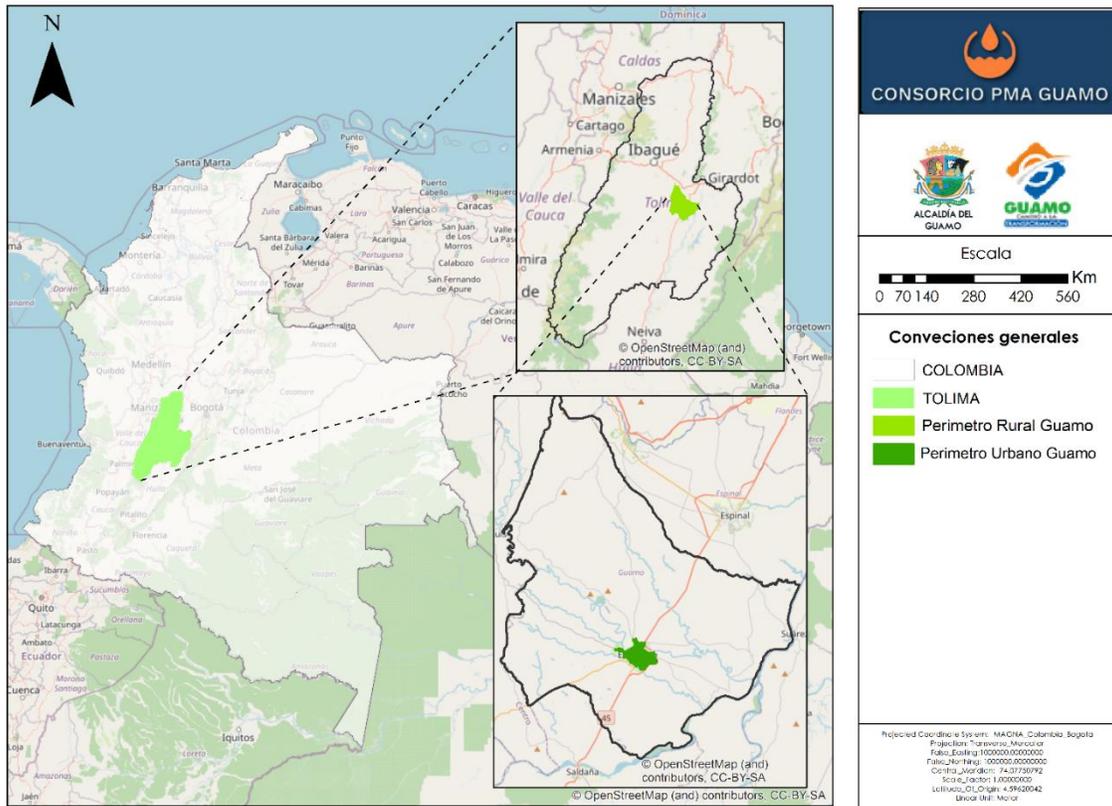
En cuanto al Plan De Gestión Social, la consultoría realizará dos talleres de solución con la comunidad, uno de ellos se realizará en la fase inicial con el fin de socializar la ejecución de cada una de las actividades a ejecutar durante el proceso de formulación del PMA y una socialización final donde se expondrán los productos obtenidos a partir de la formulación y estructuración del mismo.

## 4. GENERALIDADES

### 4.1. LOCALIZACIÓN

El proyecto se ubica en el municipio del Guamo del departamento del Tolima aproximadamente en coordenadas Latitud: 4° 1' 1" Norte Longitud: 74° 58' 1" Oeste, en medio de los cauces del Río Luisa y Quebrada Lemayá, con una elevación que ronda los 310 m.s.n.m.

Figura 1 Localización del Proyecto



Fuente. Consorcio PMA Guamo, 2022

## 5. RELACIÓN DE EVENTOS CONTRACTUALES

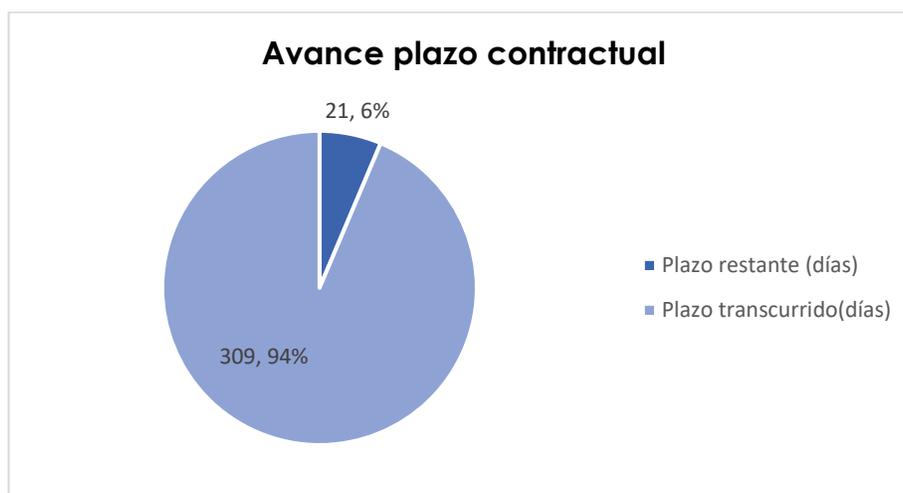
A continuación, se exponen los eventos contractuales por los que ha pasado el contrato de consultoría a lo largo de su ejecución:

Tabla 1 Relación de eventos contractuales del contrato de consultoría N°447 de 2021.

Evento	Fecha	Tiempo transcurrido (días)	Tiempo restante (días)
Inicio	13/01/2022		
Fecha de terminación Inicial	13/06/2022		
Prórroga 1	13/06/2022	151	
Nueva Fecha de terminación	12/08/2022		
Fecha de Suspensión 1	3/08/2022	202	8
Fecha de Reinicio 1	11/11/2022	100	
Nueva Fecha de terminación	19/11/2022		
Prórroga 2	19/11/2022	210	60
Fecha de Suspensión 2	22/11/2022	213	57
Fecha de Reinicio 2	20/01/2023	59	
Nueva Fecha de terminación	18/03/2023		
Prórroga 3	3/03/2023		
Nueva Fecha de terminación	17/05/2023		
Fecha de Suspensión 3	20/04/2023	303	27
Fecha de Reinicio 3	10/05/2023	20	
Nueva Fecha de terminación	6/06/2023		
Hoy	16/05/2023	309	21

Fuente: Consorcio PMA Guamo

Grafica 1. Gráfico de relación de avance contractual y tiempo restante del contrato



Fuente: Consorcio PMA Guamo

## 6. AVANCE SEGÚN PRODUCTOS DE LA CONSULTORÍA

### 6.1. PRODUCTO I – TOPOGRAFÍA Y CATASTRO.

6.1.1. Topografía general del área urbana del municipio del Guamo.

#### 6.1.1.1. Posicionamiento de la red geodésica

Dentro del contrato de consultoría y con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en la normatividad del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el consorcio PMA GUAMO realizó el posicionamiento de la red primaria y secundaria con la cual se realizó el levantamiento topográfico del municipio, dichas placas se encuentran a disposición de la alcaldía municipal para ser utilizadas según se requiera

Tabla 2 Coordenadas planas de la red primaria

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
BOGA	999729.08	1004697.813	2586.2
GNSS1	900425.27	937748.773	318.157
GNSS2	900357.35	937621.828	315.761
GNSS3	901549.55	937281.747	310.335
GNSS4	901533.05	937157.351	308.504
GNSS5	901663.17	936012.296	307.916
GNSS6	901708.77	935909.679	308.053
IBAG	873772.86	981502.076	1191.344
<b>TT25</b>	<b>901004.23</b>	<b>936294.314</b>	<b>310.13</b>
<b>TT-26</b>	<b>900596.25</b>	<b>935931.156</b>	<b>318.608</b>

Fuente: Consorcio PMA Guamo

Tabla 3 Coordenadas planas de la red secundaria

COORDENADAS RED SECUNDARIA BMs- ORIGEN BOGOTA-MAGNA				
Coordenadas Planas Gauss Kruger				
Punto	Norte	Este	Elevación	Nombre
1	938393.149	901081.530	318.493	bm1
2	938311.870	901170.279	315.682	bm2
3	937849.920	899475.209	326.946	bm3
4	937816.444	899628.536	323.871	bm4
5	937568.118	900996.485	318.221	bm5
6	937451.315	900977.972	316.072	bm6
7	936923.326	900723.601	311.432	bm7
8	936871.699	900803.853	311.311	bm8
9	936597.750	901444.346	314.147	bm9
10	936528.205	901572.453	311.841	bm10

Fuente: Consorcio PMA Guamo

#### 6.1.1.2. Trabajo de campo

Durante el trabajo de campo se levantó información planimétrica y altimétrica de pozos, vías, estructuras, vegetación y cualquier otra información necesaria para la realización de plantas y perfiles planimétricos del área urbana del municipio, por tal motivo se realizó el levantamiento de 18 poligonales amarradas a la red primaria y secundaria, además de la respectiva nivelación y contra nivelación de cada una para fines de calidad en el producto.

Figura 2 registro fotográfico del levantamiento topográfico realizado por la consultoría



Fuente: Consorcio PMA Guamo

#### 6.1.1.3. Postproceso

El resultado final del subproducto de topografía once (11) son plantas perfiles a escala de detalle 1:1.250 donde se puede apreciar visualmente la información levantada por la consultoría.



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Figura 5 registro fotográfico de las actividades de campo correspondientes al catastro de alcantarillado.



Fuente: Consorcio PMA Guamo

#### 6.1.2.2. Caracterización de la información levantada.

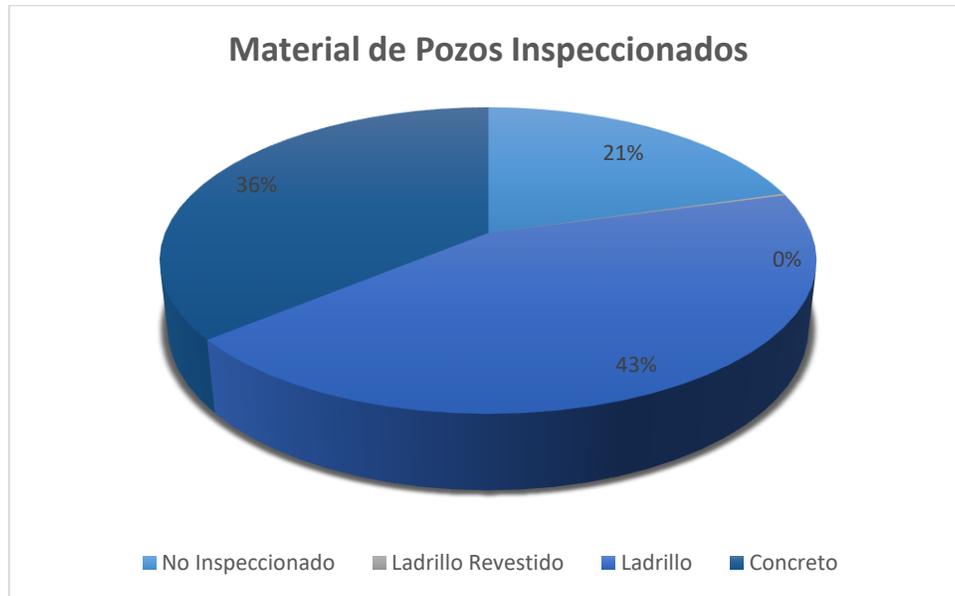
Una vez levanta la información primaria en campo, se procedió a realizar la digitalización de la misma para su posterior análisis estadístico, de acuerdo al tipo de sistema, su correcto funcionamiento, estado, materiales, entre otras características observadas en campo, a continuación, se presentan algunos de los resultados de esta caracterización.

Grafica 2. Relación porcentual de pozos inspeccionados vs no inspeccionados



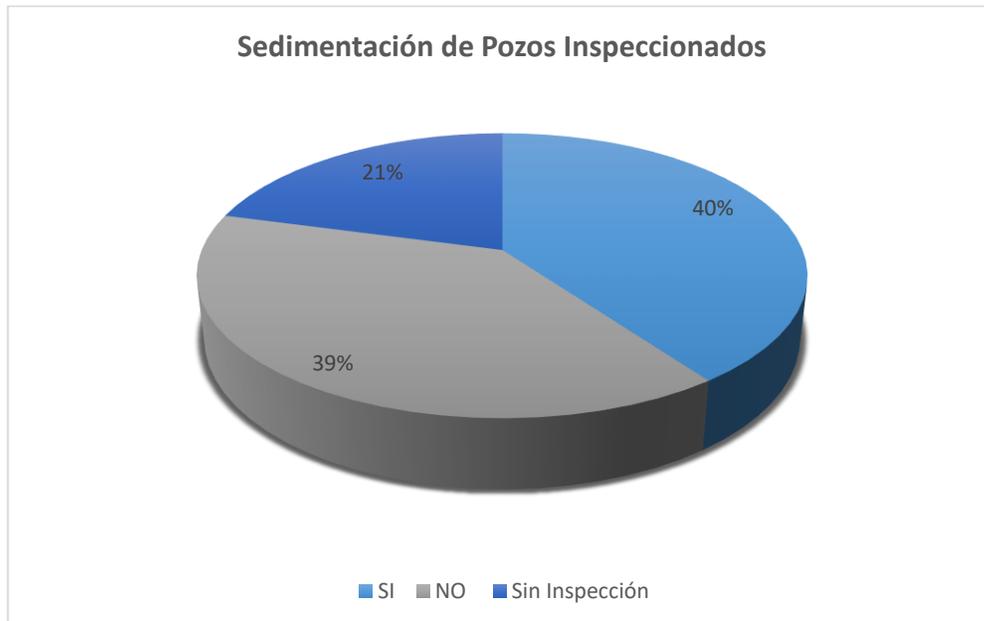
Fuente: Consorcio PMA Guamo

Grafica 3 relación porcentual entre materiales encontrados durante la verificación en campo



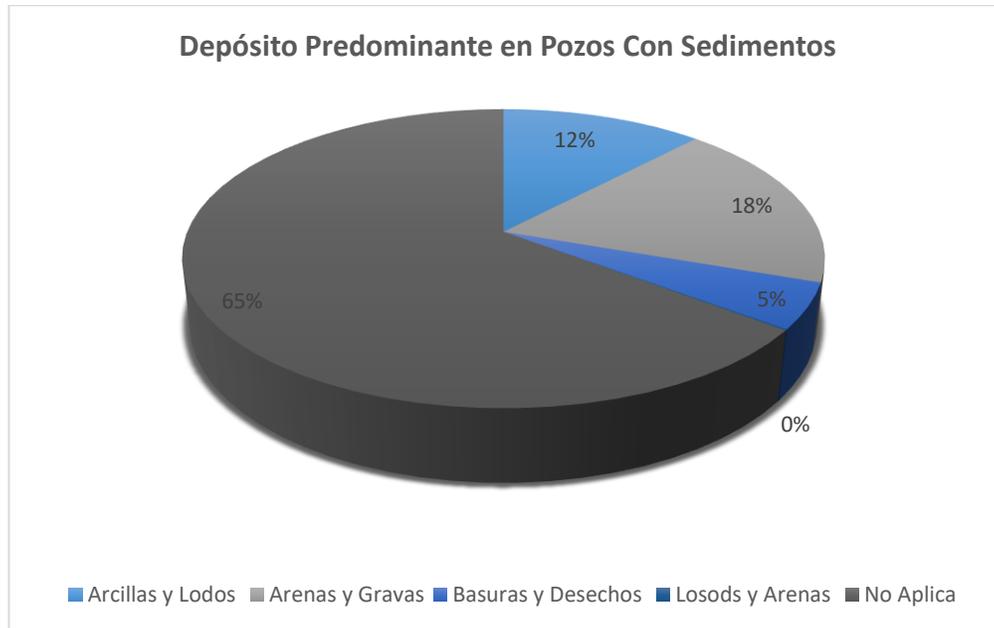
Fuente: Consorcio PMA Guamo

Grafica 4 relación porcentual de presencia de sedimentos en los pozos catastrados



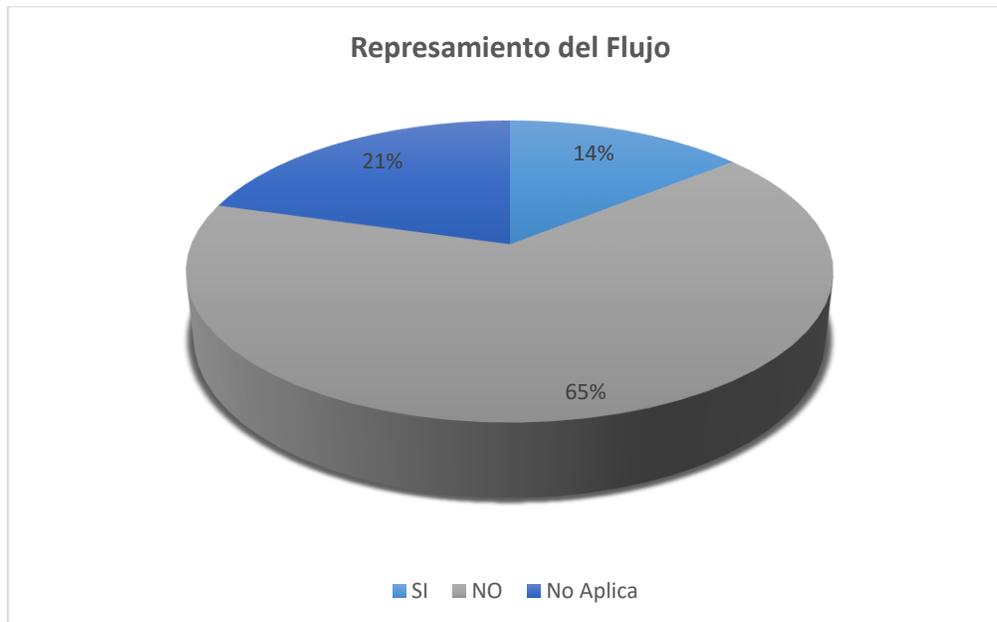
Fuente: Consorcio PMA Guamo

Grafica 5 relación de depósitos predominantes en los pozos con presencia de sedimentación.



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Grafica 6 relación de presencia o no de flujo represado en las cámaras de los pozos catastrados.



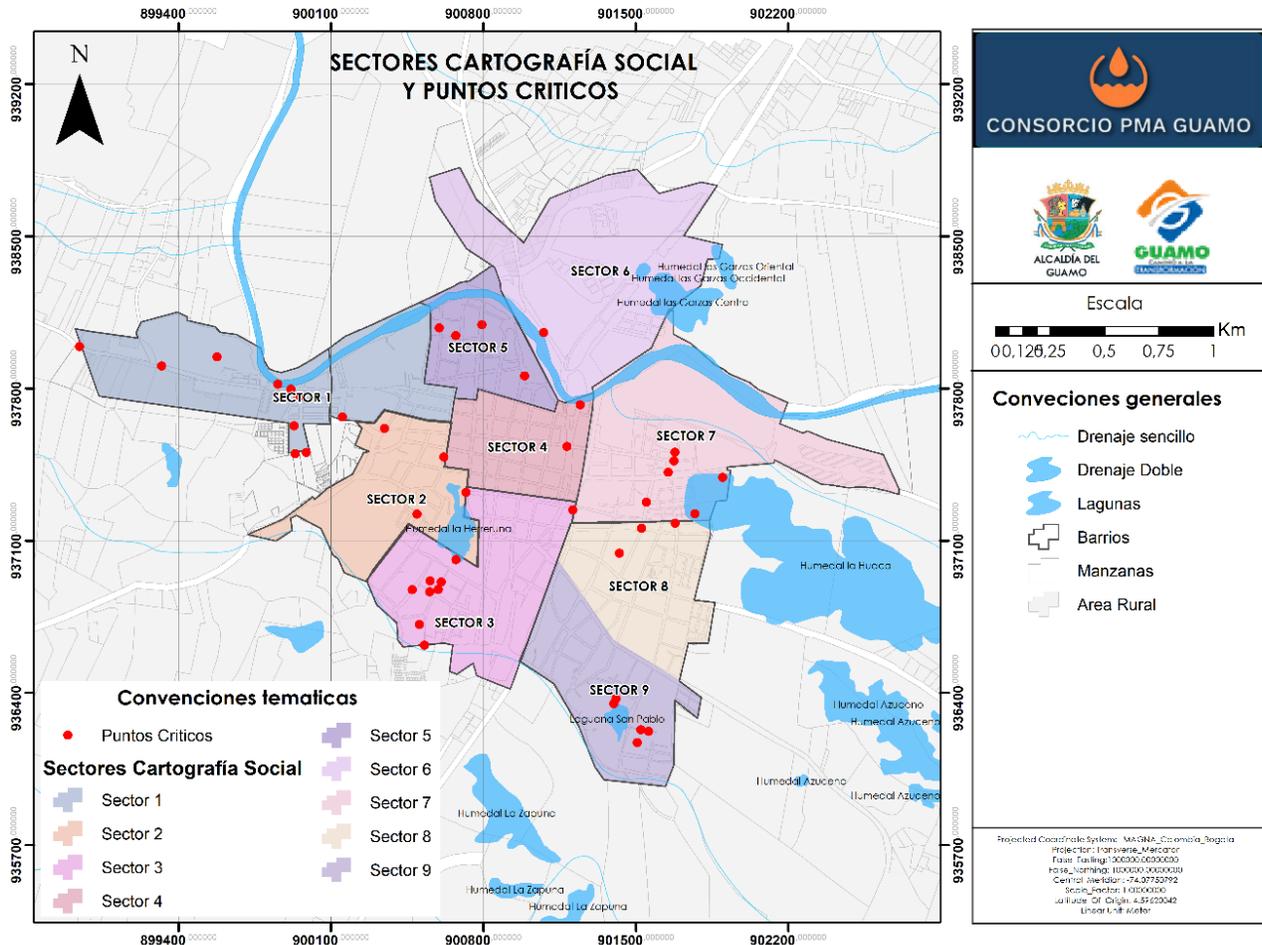
Fuente: Consorcio PMA Guamo







Figura 9 mapa de ubicación de puntos críticos identificados por la consultoría.

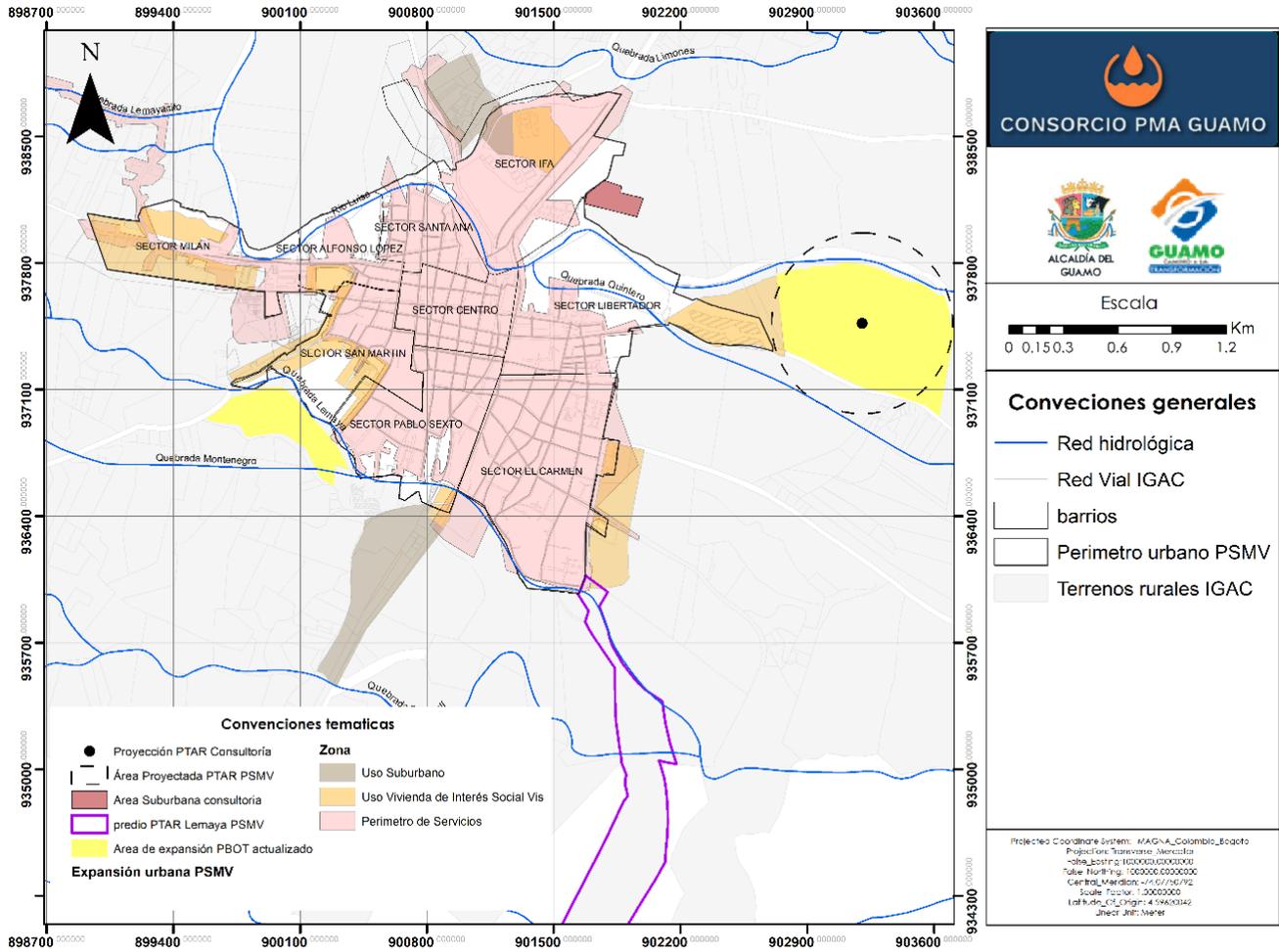


Fuente: Consorcio PMA Guamo

### 6.2.2. Diagnostico Urbano

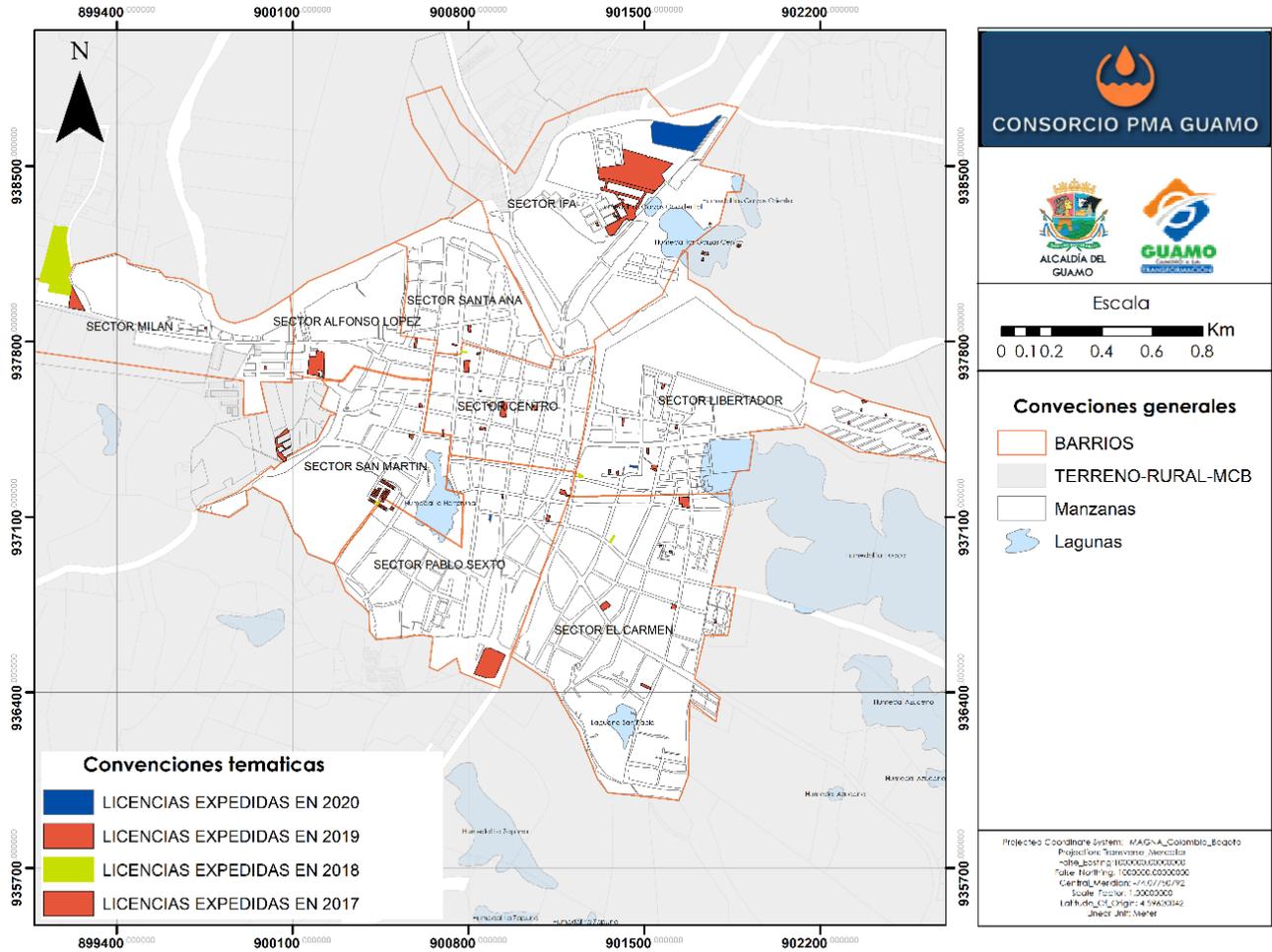
En cuanto al diagnostico urbano enfocado en la obtención de un perímetro de servicios proyectado para los diseños definitivos del Plan Maestro de Alcantarillado, dentro de este diagnóstico se realizaron diferentes procesos, empezando con la recolección y procesamiento de información secundaria disponible (IGAC, PSMV, PBOT) y generación de cartografía, siguiendo con el levantamiento de información primaria en campo (reconocimiento de lotes con proyección a construcción), revisión de información urbana de los últimos cinco años (Licencias de construcción), para finalmente y mediante el análisis de información geoespacial llevar al perímetro de servicios definido en diagnóstico.

Figura 10. Comparativo de información secundaria urbana recolectada



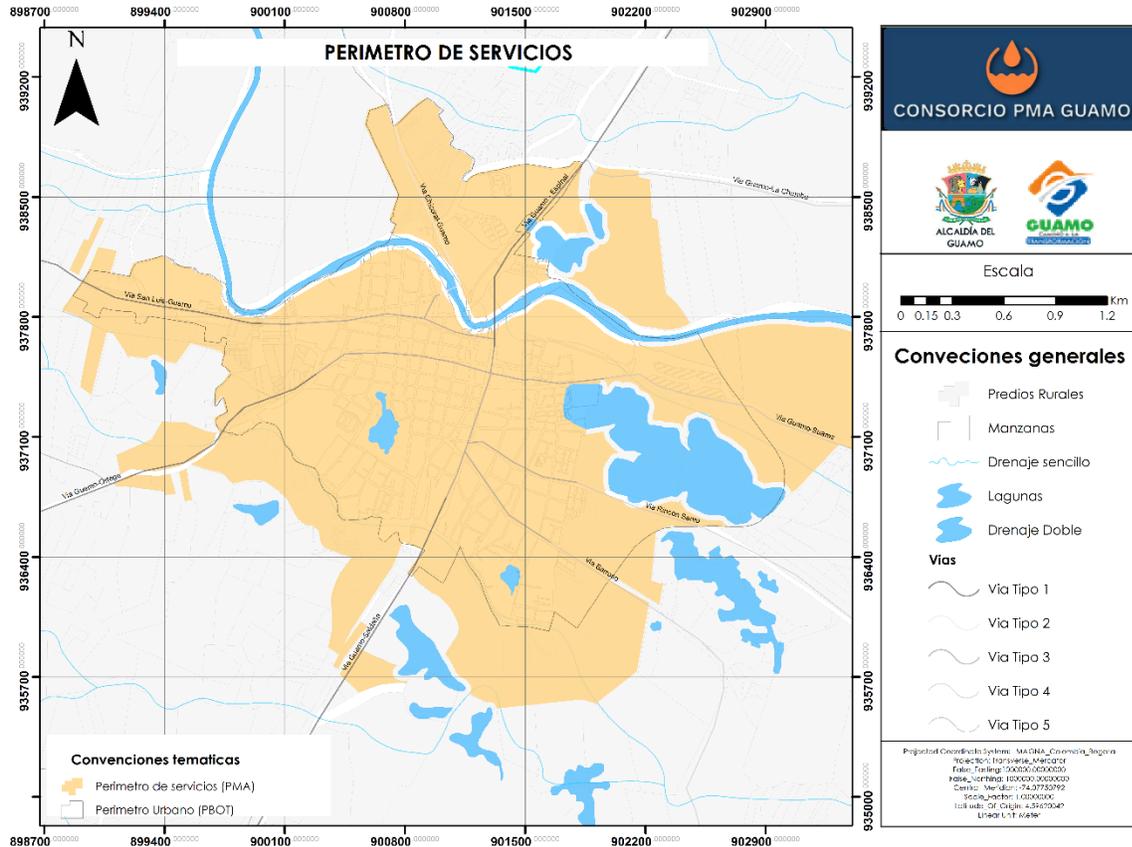
Fuente: Consorcio PMA Guamo

Figura 11 análisis multitemporal de licencias de construcción expedidas por el municipio



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Figura 12 perímetro de prestación de servicios y la definición de sus usos del suelo



Fuente: Consorcio PMA Guamo

### 6.2.3. Diagnostico Ambiental

Para el diagnostico ambiental del Plan Maestro de Alcantarillado se tuvo en cuenta la configuración de los humedales existentes dentro del área urbana del municipio, sus problemáticas identificadas, los planes de manejo ambiental existentes y la evaluación de riesgos realizada gracias a la información secundaria recolectada.



sobrepresiones que afecten la red; lo anterior, garantizando la velocidad y presión para el buen funcionamiento de este. Adicionalmente, se plantea la optimización o mantenimiento de los pozos existentes dentro de la línea de colectores y la instalación de nuevos donde sean requeridos. Finalmente se plantea el trazado que conectara el sistema de alcantarillado del sistema de IFA, con un área total de 242.44 Has. Para un área de dicho sector significando un área específica de 714,9 Has, de acuerdo al perímetro de servicios planteado por el PMA. Del mismo modo, se establece la independización del sistema de alcantarillado de aguas lluvias y aguas residuales, con ramales independientes, que garanticen la entrega de cada uno de los sistemas para su respectivo tratamiento, garantizando que los flujos de cada sistema sean adecuados según los cálculos establecidos en la etapa de diseños.

El planteamiento de ejecución de plantea por priorización de sectores, derivado del diagnóstico de puntos críticos, en donde, de acuerdo a la evaluación de dichos puntos, se ponderan en (leves, moderados y críticos), por lo que se establecen las etapas de ejecución del proyecto, con el fin de atacar los problemas de mayor impacto, así como la viabilidad económica para la rápida destinación de los recursos.

- b. La alternativa 2: comprende la optimización de un colector principal sobre el área del subsistema luisa, que establece su punto de inicio sobre el sector de Milán, en el pozo inicial 201 hasta el lote planteado como L6, donde se encuentra el sistema de tratamiento de aguas residuales, convirtiendo este en el colector principal de la red de alcantarillado, posteriormente se define la ruta del colector del sistema de escorrentía de los humedales, en donde se realiza una derivación de alcantarillado para el área norte, que comprende los barrios IFA, Milán, libertador, centro y Alfonso López. Por lo que se plantea un único punto de descargue, en el subsistema luisa, recibiendo sobre un único colector matriz con un total de 242.44 Has referentes al perímetro de prestación de servicios planteado por el PMA.

#### 6.3.1.2. Evaluación de alternativas.

Las alternativas planteadas anteriormente se evaluaron, técnica, económica, urbana, social y ambientalmente, a cada uno de estos parámetros se le determino un numero de impactos a evaluar y a su vez un peso porcentual en la evaluación multiparámetro.

Tabla 4. Matriz de calificación determinada por el consultor para determinar la alternativa más viable

CALIFICACIÓN (PUNTOS)		IMPORTANCIA
>80.1	<b>Muy significativo</b>	Esta calificación es otorgada a las alternativas con mayor puntaje obtenido entre 60.1 y 100 puntos, en este punto se obtienen los resultados de las alternativas más viables para la elaboración final de diseños definitivos.
>60.1 Y <= 80 >40.1 Y <= 60	<b>Moderadamente Significativo</b>	
	<b>Poco significativo</b>	
>20.1 Y >= 40	<b>Relevante</b>	Este rango corresponde a la media, donde no tiene mayor significancia la alternativa con puntaje entre 20.1 y 60 puntos.

CALIFICACIÓN (PUNTOS)		IMPORTANCIA
<b>&lt;=20</b>	<b>Grave</b>	Para las alternativas que obtengan puntajes por debajo de los 20 puntos, se considera como las menos favorables con ninguno de los criterios evaluados (económico, social, ambiental y urbano), además de la constructiva.

Fuente: Consorcio PMA Guamo

Tabla 5 Calculo de la alternativa mas viable para las redes principales del área urbana del municipio.

EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS			
		1		2	
		PUNTUACIÓN	PONDERACIÓN	PUNTUACIÓN	PONDERACIÓN
TÉCNICA	10%	90	9	75	7,5
ECONÓMICA	25%	100	25	10	2,5
SOCIAL	15%	82	12,3	65	9,75
URBANA	15%	70	10,5	32	4,8
AMBIENTAL	35%	72	25,2	57	19,95
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>414</b>	<b>82</b>	<b>239</b>	<b>44,5</b>

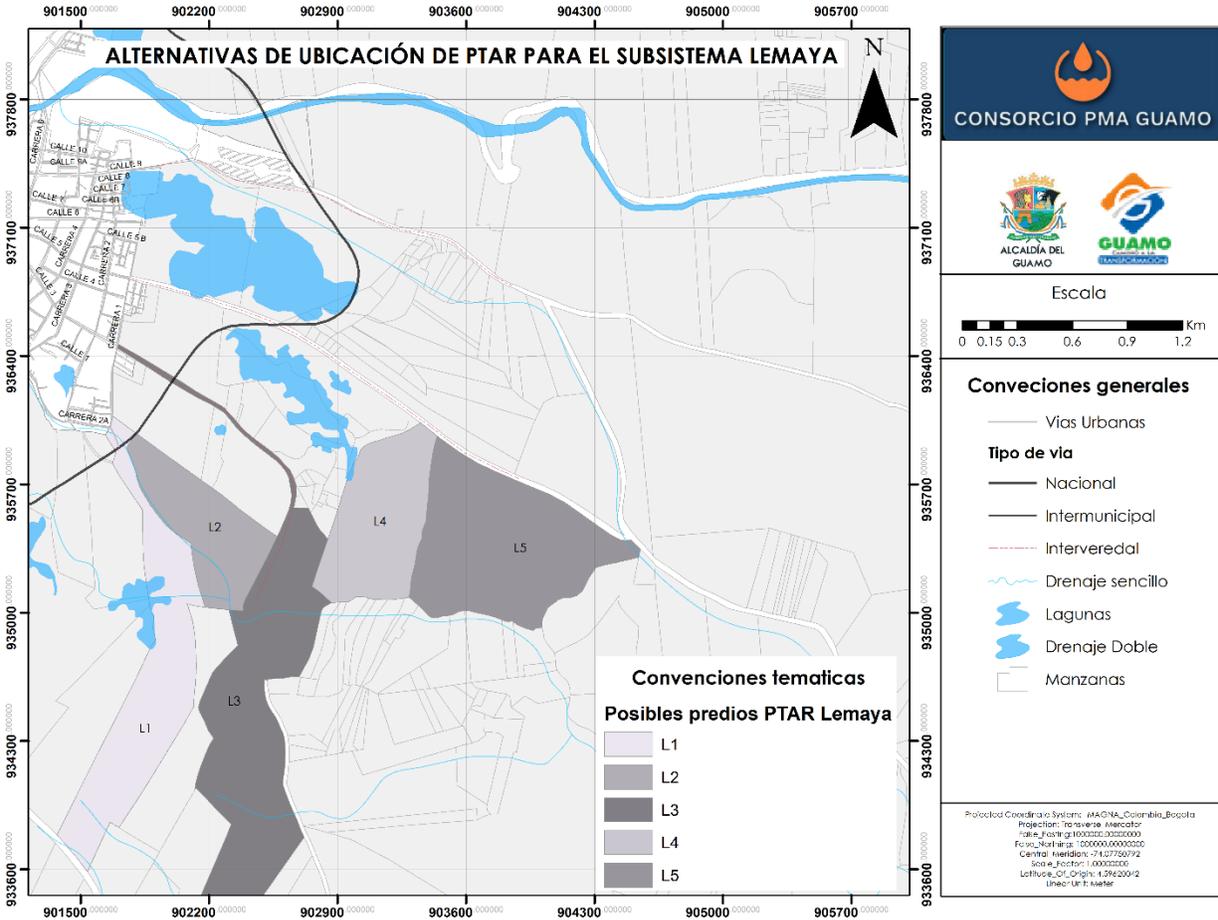
Fuente: Consorcio PMA Guamo

### 6.3.2. Planteamiento y selección de alternativas para la PTAR del Subsistema Lemayá.

#### 6.3.2.1. Planteamiento y selección del lote de ubicación de la PTAR del subsistema Lemayá.

Para llegar a plantear el tipo de tecnología a diseñar dentro del plan maestro de alcantarillado se debe definir primero la ubicación definitiva de la misma, Consorcio PMA GUAMO determino un numero de lotes como prospectos para ubicar los diseños definitivos de la PTAR del subsistema Lemayá (5 lotes) de los cuales se determino que el lote 2 y el lote 1 serian los mas viables de acuerdo a parámetros: técnicos, socioambientales y económicos. Dentro de estos dos lotes se dialogó con la alcaldía municipal con respecto a la facilidad de adquisición.

Figura 14 mapa de ubicación de los prospectos de lote de ubicación para la PTAR del subsistema Lemayá.



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Tabla 6 evaluación multiparámetro de los lotes escogidos como contendientes para la ubicación de la PTAR del subsistema Lemayá

ASPECTOS	VARIABLE	PUNTAJE				
		L 1	L 2	L 3	L 4	L 5
TÉCNICOS (40 puntos)	Área disponible para ampliaciones de la estructura de tratamiento	50	40	100	70	90
	Requerimientos de bombeo	100	90	70	50	50
	Longitud de colectores a construir	100	90	70	50	50
	Topografía del terreno	80	80	80	80	80
	Facilidad de acceso al sitio	100	100	100	100	100
SOCIOAMBIENTALES (40 puntos)	Cercanía de viviendas	70	80	90	100	80
	Cambios en el paisaje	80	80	80	80	80

ASPECTOS	VARIABLE	PUNTAJE				
		L 1	L 2	L 3	L 4	L 5
	Incidencias sobre la flora y fauna	30	30	30	30	30
	Existencia de humedales o pantanos	40	100	100	100	100
	Cercanía de vías principales	80	70	60	70	70
	Dirección favorable del viento	100	100	100	100	100
	Existencia de servicios públicos	50	50	50	50	50
	Calidad de la fuente receptora	80	80	80	80	80
	Existencia de cultivos en el predio	80	80	10	10	10
ECONÓMICO (20 puntos)	Valor del predio a adquirir	70	100	20	50	30
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>1110</b>	<b>1170</b>	1040	1020	1000
<b>PUNTAJE PONDERADO</b>		<b>74,00</b>	<b>78,00</b>	69,33	68,00	66,67

Fuente: Consorcio PMA Guamo

#### 6.3.2.2. *Planteamiento y selección del sistema de tratamiento para la PTAR del subsistema Lemayá*

Para el subsistema Lemayá se plantearon conceptualmente 3 alternativas, las cuales fueron evaluadas mediante diferentes parámetros, al igual que con la evaluación de las alternativas de redes se utilizó la matriz de evaluación expuesta en la Tabla 3.

##### 6.3.2.2.1. *Planteamiento conceptual*

- a. Alternativa 1: Esta alternativa comprende el pretratamiento, realizado por método de cribado de las partículas gruesas, en donde este material es retenido y retirado de forma manual mediante una rejilla; posteriormente, se encuentra el cribado de partículas más finas que funciona de manera muy similar a la anterior, donde se retiene el material que pudo haber pasado por la primera rejilla. Enseguida, se encuentra un desarenador que retiene las partículas tamaño arena, las cuales deben ser retiradas de forma manual.

El flujo es conducido por una canaleta tipo Parshall, la cual tiene como finalidad aforar el caudal y estabilizar el flujo de agua residual manteniendo al mínimo, las pérdidas de carga; posterior a este, se tiene el vertedero de excesos, el cual debe retirar el caudal adicional y conduce el agua residual a la trampa de grasas, para pasar a las lagunas de estabilización.

Estas lagunas, se encuentran divididas en tres (3): laguna anaerobia, laguna facultativa y una laguna de maduración, las cuales se encontrarán ubicadas en serie, en donde el agua tiene un periodo de retención que permite la degradación de la materia orgánica, para posteriormente pasar a la fuente receptora por medio de una tubería de desagüe. Considerando la capacidad de acumulación de lodos de la laguna, se hace necesaria la construcción de lechos de secado, por lo cual se debe realizar un mantenimiento periódico de la laguna.

Tabla 7. Planteamiento conceptual de la Alternativa 1 para el subsistema Lemayá.

ALTERNATIVA 1: LAGUNA ANAEROBIA + LAGUNA FACULTATIVA
1. Pre - tratamiento
2. Laguna anaerobia
3. Laguna facultativa
4. Lechos de secado

Fuente: Consorcio PMA Guamo

- b. Alternativa 2: Esta alternativa comprende el pretratamiento, realizado por método de cribado de las partículas gruesas, en donde este material es retenido y retirado de forma manual mediante una rejilla; posteriormente, se encuentra el cribado de partículas más finas que funciona de manera muy similar a la anterior, donde se retiene el material que pudo haber pasado por la primera rejilla. Enseguida, se encuentra un desarenador que retiene las partículas tamaño arena, las cuales deben ser retiradas de forma manual.

Posteriormente, el flujo es conducido por la canaleta Parshall, la cual tiene la finalidad de aforar el caudal y estabilizar el flujo de agua residual, manteniendo al mínimo las pérdidas de carga; luego, se tiene el vertedero de excesos el cual debe retirar el caudal adicional y conducir el agua residual a la trampa de grasas, para pasar a los sedimentadores primarios.

La turbulencia creada por los sistemas de aireación suministra oxígeno y provoca que el contenido del depósito se mantenga en suspensión, favoreciendo el contacto de las bacterias sobre la materia orgánica. Estos sólidos, una vez se ha eliminado gran parte de la materia orgánica, se debe eliminar por decantación antes de la descarga del efluente.

Existen varios procesos que modifican la configuración de estos componentes, una de las más importantes, es la formación de flóculos capaces de ser removidos por sedimentación y finalmente se conduce hacia el sedimentador secundario encargado de su pulimento, logrando una calidad óptima para ser vertido finalmente a una fuente receptora.

Tabla 8 Planteamiento conceptual de la Alternativa 2 para el subsistema Lemayá.

ALTERNATIVA 2: SEDIMENTACIÓN PRIMARIA + LAGUNA AIREADA
1. Pre – tratamiento
2. Sedimentación primaria
3. Lagunas aireadas
4. Sedimentación secundaria
5. Lechos de secado

*Fuente: Consorcio PMA Guamo*

- c. Alternativa 3: Esta alternativa se plantea como la restauración del sistema de tratamiento existente, el cual está comprendido por un pretratamiento, realizado por método de cribado de las partículas gruesas, en donde este material es retenido y retirado de forma manual mediante una rejilla; posteriormente, se encuentra el cribado de partículas más finas que funciona de manera muy similar a la anterior, donde se retiene el material que pudo haber pasado por la primera rejilla. Enseguida, se encuentra un desarenador que retiene las partículas tamaño arena, las cuales deben ser retiradas de forma manual.

Posteriormente, el flujo es conducido por la canaleta Parshall, la cual tiene la finalidad de aforar el caudal y estabilizar el flujo de agua residual, manteniendo al mínimo las pérdidas de carga; luego, se tiene el vertedero de excesos el cual debe retirar el caudal adicional y conducir el agua residual a la trampa de grasas, para pasar a los sedimentadores primarios.

Los efluentes son dirigidos por gravedad y deben pasar por un sistema de retención de los sólidos, en este punto será realizada la corrección del pH. Posteriormente, el líquido es bombeado para el reactor UASB de manta de lodos, el efluente entra por la parte inferior, en flujo ascendentes, pasando a través de un lecho de lodo denso y de elevada actividad.

La estabilización de la materia orgánica ocurre en todas las zonas de reacción (lecho y manta de lodo), siendo la mezcla del sistema promovida por el flujo ascensional de líquido y de burbujas de gas. El efluente sale por la parte sobrenadante de un decantador interno, ubicado en la parte superior del reactor.

Para todas las alternativas anteriormente descritas, se plantea el sistema de cribado o desbaste como pretratamiento, el cual permite remover partículas sólidas gruesas a través del uso de militamices o microcribas. Dicho sistema será prediseñado una única vez, considerando que es el mismo para todos los sistemas de tratamiento planteados y no hace parte de los patrones de escogencia.

*Tabla 9 Planteamiento conceptual de la Alternativa 3 para el subsistema Lemayá.*

<b>ALTERNATIVA 3: RESTAURACIÓN PTAR EXISTENTE PRETRATAMIENTO + REACTORES UASB + TRATAMIENTO TERCIARIO</b>
1. Pre – tratamiento
2. Tratamiento biológico (reactores UASB)
3. Tratamiento terciario (filtros y unidad de desinfección)
4. Lechos de secado

*Fuente: Consorcio PMA Guamo*

#### 6.3.2.2.2. Evaluación de alternativas

Dentro de esta evaluación se determinan impactos ambientales, sociales, económicos y técnicos, que permiten tomar la decisión mas acertada en cuanto a que alternativa es mas

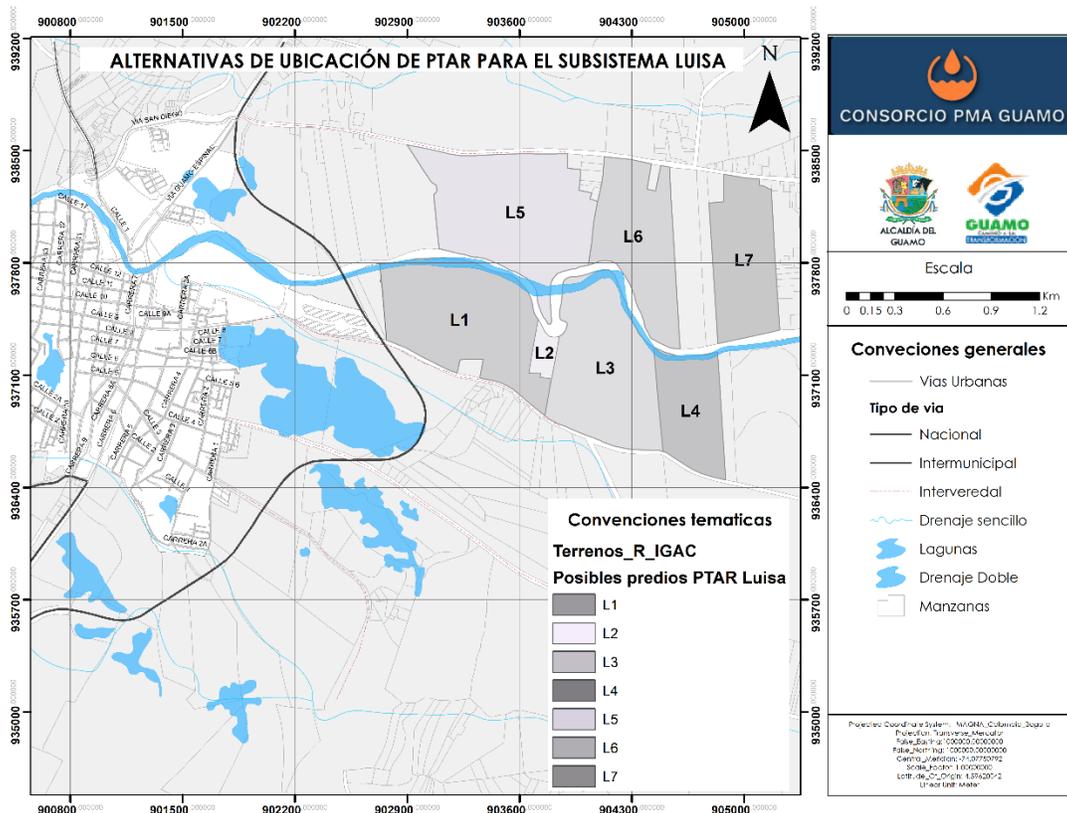
viable por medio de evaluación multiparámetro enfocada al área de estudio, por esto mismo para cada uno de los parámetros anteriormente mencionados se determina un peso porcentual según su relevancia en la zona de influencia.

### 6.3.3. Planteamiento y selección de alternativas para la PTAR del Subsistema Luisa.

#### 6.3.3.1. Planteamiento y selección del lote de ubicación de la PTAR del subsistema Luisa

Para llegar a plantear el tipo de tecnología a diseñar dentro del plan maestro de alcantarillado se debe definir primero la ubicación definitiva de la misma, Consorcio PMA GUAMO determino un numero de lotes como prospectos para ubicar los diseños definitivos de la PTAR del subsistema Luisa (7 lotes) de los cuales se determinó que el lote 5, lote 6 y el lote 7 serían los más viables de acuerdo a parámetros: técnicos, socioambientales y económicos. Dentro de estos dos lotes se dialogó con la alcaldía municipal con respecto a la facilidad de adquisición.

Figura 15. Mapa de ubicación de prospectos como ubicación para la PTAR del subsistema Luisa.



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Tabla 10 evaluación multicriterio de los lotes identificados como posible ubicación de la PTAR del subsistema Luisa.

ASPECTOS	VARIABLE	PUNTAJE						
		L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7
TÉCNICOS (40 puntos)	Área disponible para ampliaciones de la estructura de tratamiento	0	60	100	100	100	100	100
	Requerimientos de bombeo	100	100	100	100	100	100	100
	Longitud de colectores a construir	100	60	50	50	90	40	40
	Topografía del terreno	80	80	80	80	90	70	70
	Facilidad de acceso al sitio	100	100	100	100	100	100	100
SOCIOAMBIENTALES (40 puntos)	Cercanía de viviendas	20	15	40	100	80	80	40
	Cambios en el paisaje	80	80	80	80	80	80	80
	Incidencias sobre la flora y fauna	30	30	30	30	30	30	30
	Existencia de humedales o pantanos	100	40	100	100	100	40	100
	Cercanía de vías principales	80	40	80	80	80	80	80
	Dirección favorable del viento	100	100	100	100	100	100	100
	Existencia de servicios públicos	50	50	50	50	50	50	50
	Calidad de la fuente receptora	70	70	70	70	70	70	70
	Existencia de cultivos en el predio	80	80	10	10	60	100	100
ECONÓMICO (20 puntos)	Valor del predio a adquirir	40	100	10	50	30	70	90
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		1030	1005	1000	1100	<b>1160</b>	<b>1110</b>	<b>1150</b>
<b>PUNTAJE PONDERADO</b>		68.67	67.00	66.67	73.33	<b>77.33</b>	<b>74.00</b>	<b>76.67</b>

Fuente: Consorcio PMA Guamo

### 6.3.3.2. Planteamiento y selección del sistema de tratamiento para la PTAR del subsistema Luisa

Para el subsistema Luisa se plantearon conceptualmente 3 alternativas, las cuales fueron evaluadas mediante diferentes parámetros, al igual que con la evaluación de las alternativas de redes se utilizó la matriz de evaluación expuesta en la Tabla 3.

#### 6.3.3.2.1. Planteamiento conceptual

- a. Alternativa 1: Esta alternativa comprende el pretratamiento, realizado por método de cribado de las partículas gruesas, en donde este material es retenido y retirado de forma manual mediante una rejilla; posteriormente, se encuentra el cribado de partículas más finas que funciona de manera muy similar a la anterior, donde se retiene el material que pudo haber pasado por la primera rejilla. Enseguida, se encuentra un desarenador que retiene las partículas tamaño arena, las cuales deben ser retiradas de forma manual.

El flujo es conducido por una canaleta tipo Parshall, la cual tiene como finalidad aforar el caudal y estabilizar el flujo de agua residual manteniendo al mínimo, las pérdidas de carga; posterior a este, se tiene el vertedero de excesos, el cual debe retirar el

caudal adicional y conduce el agua residual a la trampa de grasas, para pasar a las lagunas de estabilización.

Estas lagunas, se encuentran divididas en tres (3): laguna anaerobia, laguna facultativa y una laguna de maduración, las cuales se encontrarán ubicadas en serie, en donde el agua tiene un periodo de retención que permite la degradación de la materia orgánica, para posteriormente pasar a la fuente receptora por medio de una tubería de desagüe. Considerando la capacidad de acumulación de lodos de la laguna, se hace necesaria la construcción de lechos de secado, por lo cual se debe realizar un mantenimiento periódico de la laguna.

*Tabla 11 Planteamiento conceptual de la Alternativa 1 para el subsistema Luisa.*

ALTERNATIVA 1: LAGUNA ANAEROBIA + LAGUNA FACULTATIVA
1. Pre - tratamiento
2. Laguna anaerobia
3. Laguna facultativa
4. Lechos de secado

*Fuente: Consorcio PMA Guamo*

- b. Alternativa 2: Esta alternativa comprende el pretratamiento, realizado por método de cribado de las partículas gruesas, en donde este material es retenido y retirado de forma manual mediante una rejilla; posteriormente, se encuentra el cribado de partículas más finas que funciona de manera muy similar a la anterior, donde se retiene el material que pudo haber pasado por la primera rejilla. Enseguida, se encuentra un desarenador que retiene las partículas tamaño arena, las cuales deben ser retiradas de forma manual.

Posteriormente, el flujo es conducido por la canaleta Parshall, la cual tiene la finalidad de aforar el caudal y estabilizar el flujo de agua residual, manteniendo al mínimo las pérdidas de carga; luego, se tiene el vertedero de excesos el cual debe retirar el caudal adicional y conducir el agua residual a la trampa de grasas, para pasar a los sedimentadores primarios.

La turbulencia creada por los sistemas de aireación suministra oxígeno y provoca que el contenido del depósito se mantenga en suspensión, favoreciendo el contacto de las bacterias sobre la materia orgánica. Estos sólidos, una vez se ha eliminado gran parte de la materia orgánica, se debe eliminar por decantación antes de la descarga del efluente.

Existen varios procesos que modifican la configuración de estos componentes, una de las más importantes, es la formación de flóculos capaces de ser removidos por sedimentación y finalmente se conduce hacia el sedimentador secundario encargado de su pulimento, logrando una calidad óptima para ser vertido finalmente a una fuente receptora.

Tabla 12 Planteamiento conceptual de la Alternativa 2 para el subsistema Luisa.

<b>ALTERNATIVA 2: SEDIMENTACIÓN PRIMARIA + LAGUNA AIREADA</b>
1. Pre – tratamiento
2. Sedimentación primaria
3. Lagunas aireadas
4. Sedimentación secundaria
5. Lechos de secado

Fuente: Consorcio PMA Guamo

- c. Alternativa 3: Esta alternativa comprende el pretratamiento, realizado por método de cribado de las partículas gruesas, en donde este material es retenido y retirado de forma manual mediante una rejilla; posteriormente, se encuentra el cribado de partículas más finas que funciona de manera muy similar a la anterior, donde se retiene el material que puede haber pasado por la primera rejilla. Enseguida, se encuentra un desarenador que retiene las partículas tamaño arena, las cuales deben ser retiradas de forma manual.

Posteriormente, el flujo es conducido por la canaleta Parshall, la cual tiene la finalidad de aforar el caudal y estabilizar el flujo de agua residual, manteniendo al mínimo las pérdidas de carga; luego, se tiene el vertedero de excesos el cual debe retirar el caudal adicional y conducir el agua residual a la trampa de grasas, para pasar a los sedimentadores primarios.

El filtro percolador es un sistema de filtro que requiere tanto de sedimentación primaria como secundaria y un digestor anaeróbico para estabilizar los lodos producidos. El filtro es un tanque generalmente rectangular o cilíndrico empacado con material plástico o escoria volcánica de diámetros entre 7 y 10 cm, donde se formará una película biológica superficial compuesta por una gran variedad de microorganismos aeróbicos, los cuales tiene la función de absorber y mineralizar las sustancias contenidas en el agua residual.

Durante el proceso de biopercolación, el afluente proveniente del sedimentador primario es introducido en los filtros por medio de canaletas rociadoras que garantizan una distribución uniforme sobre el medio filtrante. En esta fase final, la eficiencia en esta etapa del proceso será mayor al 85%, para posteriormente ser conducido en un sedimentador secundario que se encarga de su pulimento y lograr una calidad óptima para verterse en la fuente receptora.

Tabla 13 Planteamiento conceptual de la Alternativa 3 para el subsistema Luisa.

<b>ALTERNATIVA 3: SEDIMENTACIÓN PRIMARIA + FILTRO PERCOLADOR</b>
1. Pre – tratamiento
2. Sedimentación primaria

3. Filtro percolador
4. Tanque de sedimentación secundaria
5. Lechos de secado

Fuente: Consorcio PMA Guamo

#### 6.3.3.2.2. Evaluación de alternativas

Dentro de esta evaluación se determinan impactos ambientales, sociales, económicos y técnicos, que permiten tomar la decisión más acertada en cuanto a que alternativa es más viable por medio de evaluación multiparámetro enfocada al área de estudio, por esto mismo para cada uno de los parámetros anteriormente mencionados se determina un peso porcentual según su relevancia en la zona de influencia. En esta evaluación se determina que la alternativa 1 (Lagunas de oxidación) es la más viable entre las alternativas del guamo para el subsistema Luisa.

Tabla 14. Evaluación de las alternativas planteadas para la PTAR Luisa, de acuerdo a evaluación multicriterio.

ASPECTOS	PESO PORCENTUAL	CALIFICACIÓN ASPECTOS			PUNTAJE		
		A 1	A 2	A 3	A 1	A 2	A 3
TÉCNICOS	30%	87	78	69	26,1	23,4	20,7
SOCIAL	15%	90	84	84	13,5	12,6	12,6
AMBIENTAL	20%	68	63	60	13,6	12,6	12
ECONÓMICO	35%	100	70	40	35	24,5	14
<b>PUNTAJE TOTAL</b>					<b>88,2</b>	<b>73,1</b>	<b>59,3</b>

Fuente: Consorcio PMA Guamo

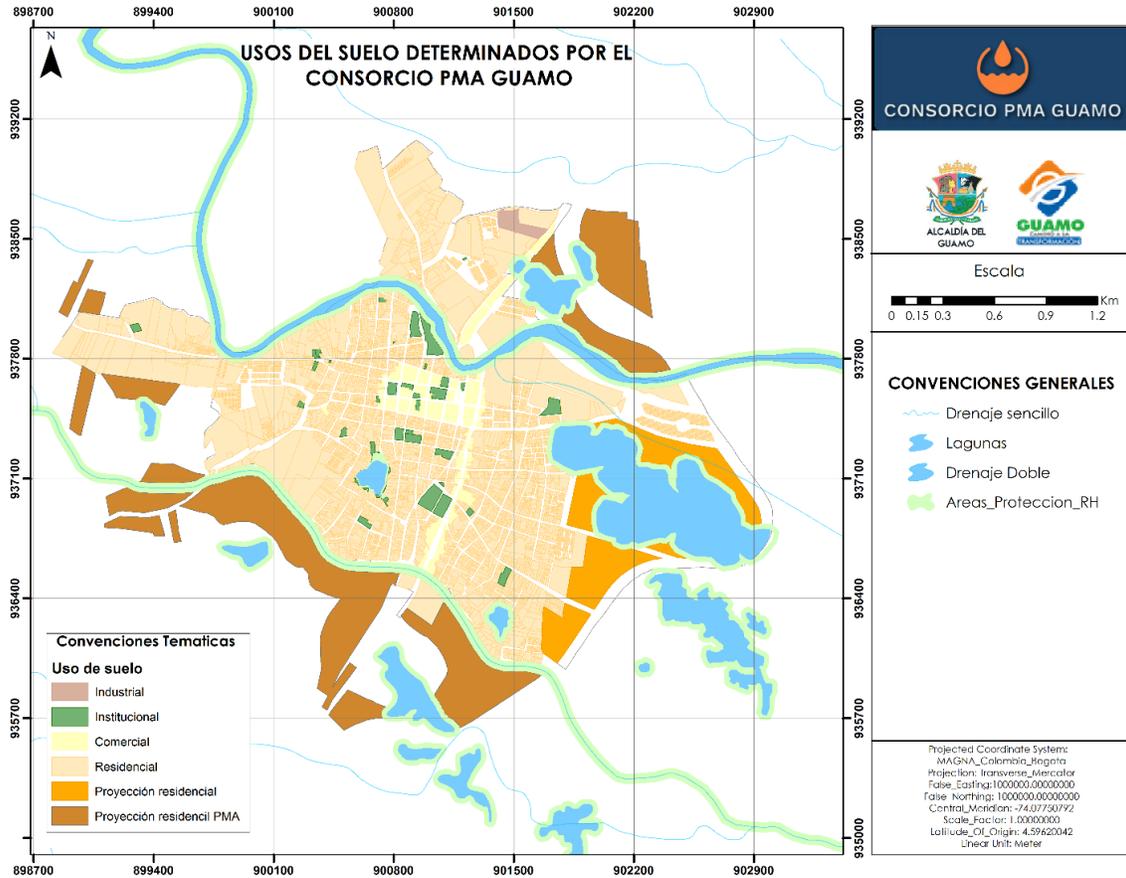
#### 6.4. PRODUCTO IV – DISEÑO DE ALCANTARILLADO Y DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

##### 6.4.1. Generalidades

##### 6.4.1.1. Áreas de drenaje.

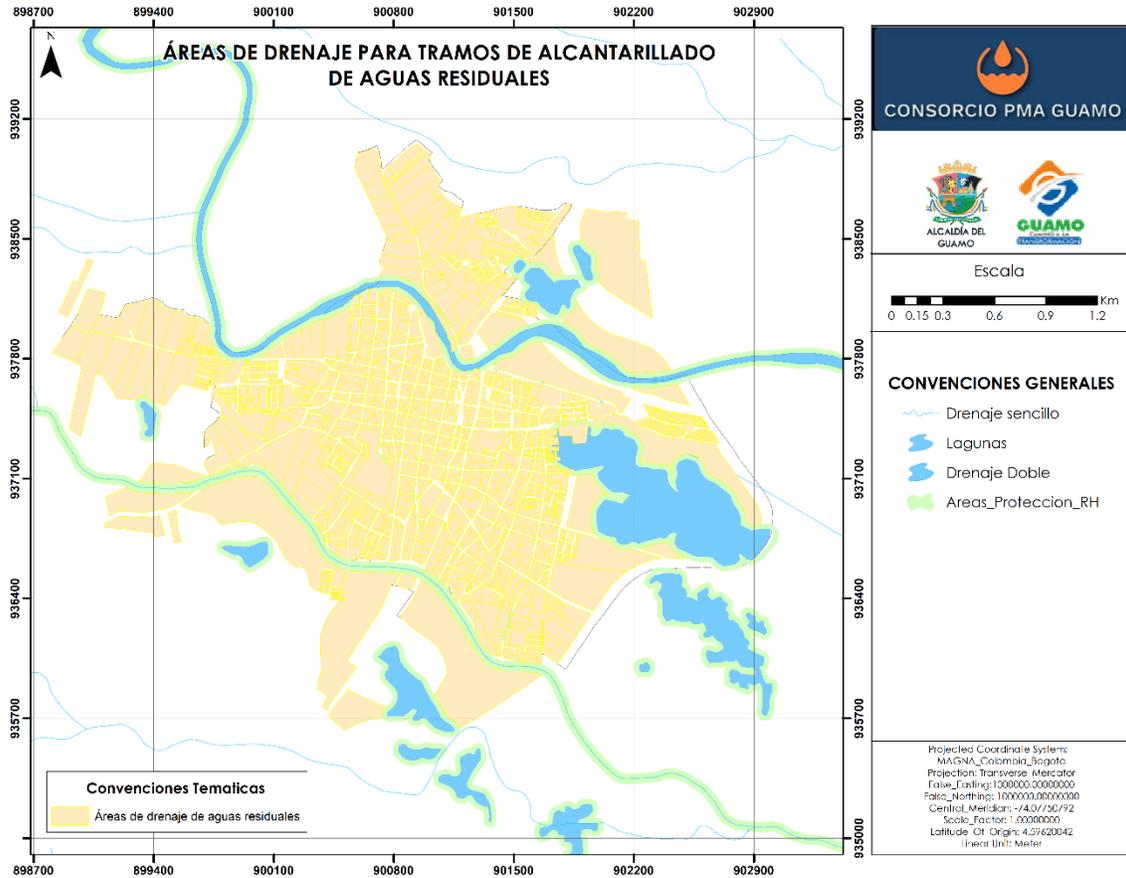
Uno de los primeros insumos al momento de realizar los diseños definitivos es obtener las áreas de drenaje para cada uno de los tramos a diseñar, el primer paso es conformar los usos del suelo definitivos para el perímetro definido en el producto de diagnóstico, posteriormente se procede con la división de áreas por uso de suelo lo cual es ingresado a la hoja de cálculo para dimensionamiento del alcantarillado a diseñar.

Figura 16 clasificación de usos de suelo para el perímetro de prestación de servicios definidos.



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Figura 17 división de áreas de drenaje para el perímetro de servicios definido por la consultoría

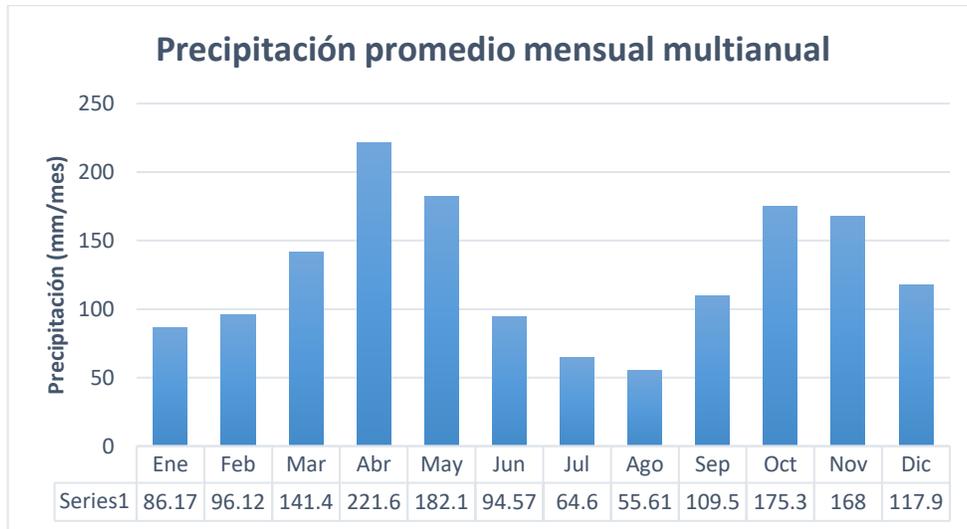


Fuente: Consorcio PMA Guamo

#### 6.4.1.2. Hidrología

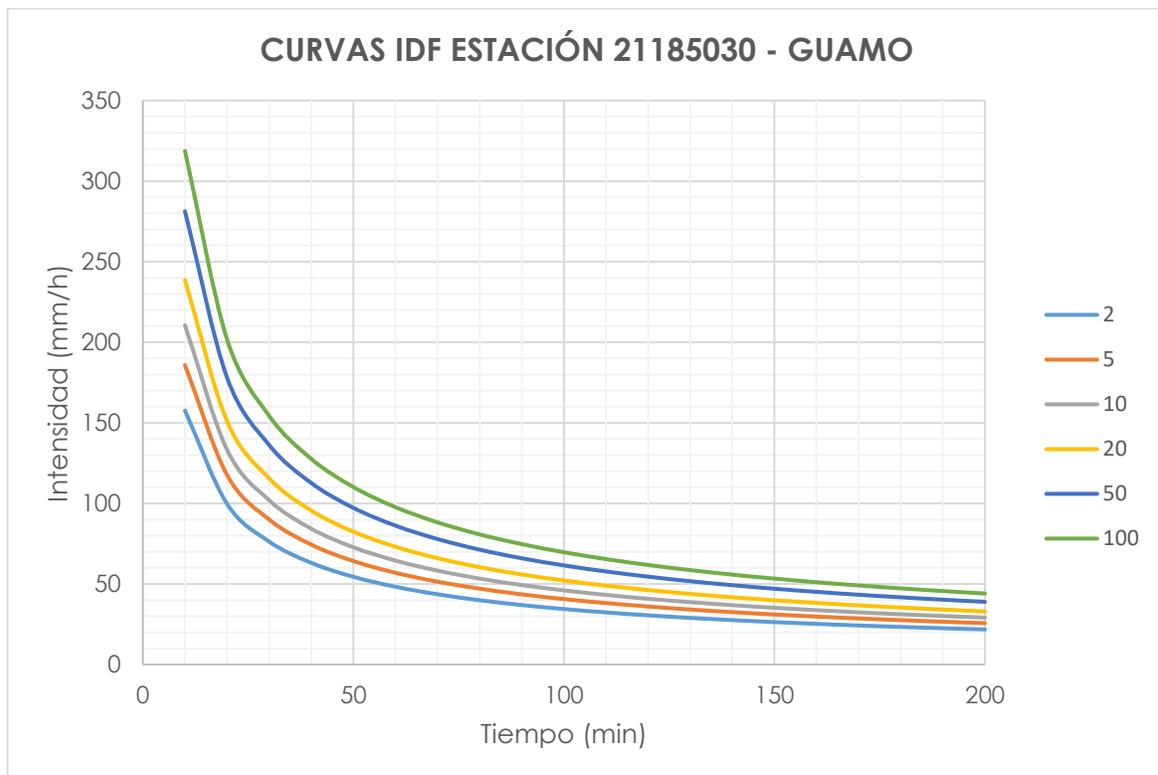
Dentro de los subcomponentes principales para diseñar un sistema de alcantarillado la obtención de la curva IDF (Intensidad, Duración, Frecuencia) de precipitación para el municipio, lo que consta de la evaluación de registros históricos de lluvia, lo cual termina siendo un apoyo para dimensionar correctamente el sistema de alcantarillado.

Figura 18 precipitación promedio mensual multianual



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Figura 19 Curva IDF de la estación Guamo (21185030)



Fuente: Consorcio PMA Guamo

#### 6.4.2. Diseños definitivos de los colectores planteados dentro del Plan Maestro de Alcantarillado

##### 6.4.2.1. Topografía a detalle de los colectores proyectados por la consultoría

Dentro de la topografía a detalle para la implantación de los diseños hidráulicos, Consorcio PMA GUAMO ha ejecutado múltiples actividades de campo durante la fase de diseño, como el levantamiento y perfeccionamiento de la topografía levantada en diagnóstico, en zonas donde se implantaran los colectores – interceptores que alimentaran las PTAR's, por este motivo la consultoría esta levantando la información necesaria para la implantación de los diseños de los colectores: IFA, SANTA ANA los cuales se conectan al COLECTOR LUISA, y el COLECTOR SUR que conecta al COLECTOR LEMAYÁ.

*Figura 20 levantamiento topográfico del colector IFA, proyectado por la consultoría*



*Fuente: Consorcio PMA Guamo*

*Figura 21 Levantamiento topográfico del Colector SUR, proyectado por la consultoría*



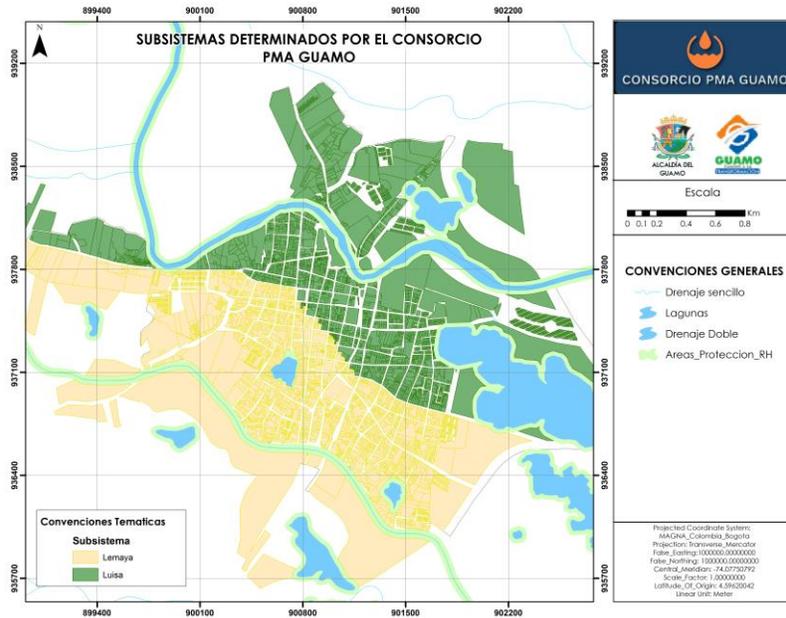
*Fuente: Consorcio PMA Guamo*

##### 6.4.2.2. Diseños

Calle 10 No. 3-76 Oficina 507 Edificio Cámara de Comercio de Ibagué  
Teléfono Fijo: (8) 269 48 86 Móvil: 313 817 39 63 E- mail: consultoria@ingecol.co

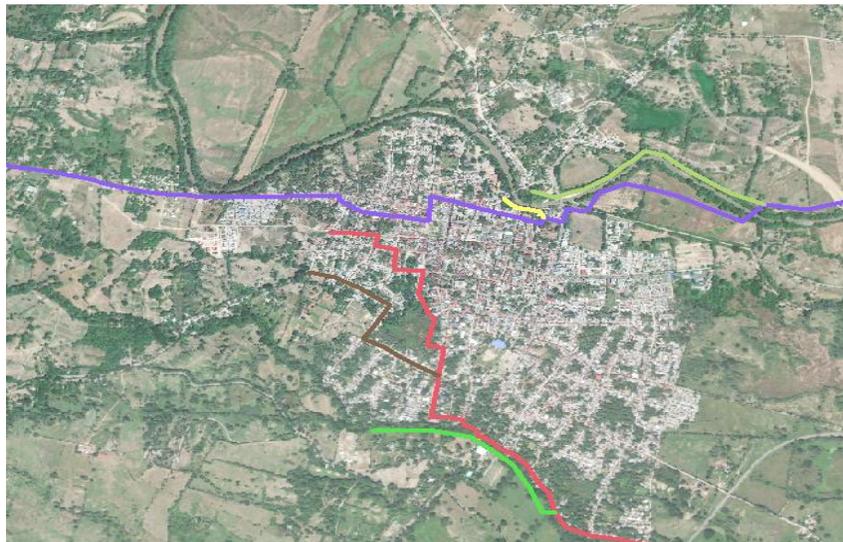
Dentro de los diseños definitivos se plantea la realización de 6 colectores – interceptores (3 por subsistema) primero es importante entender que el alcantarillado del municipio tendrá una primera sectorización según el subsistema (sea Luisa o Lemayá), por medio de la generación de áreas de drenaje y determinación de parámetros, se diligencia una hoja de cálculo para predefinir los materiales, diámetros y pendientes del sistema.

Figura 22. División de subsistemas para el área urbana del municipio



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Figura 23 colectores – interceptores proyectados (verde opaco – IFA, Amarillo – SANTA ANA, morado – LUISA, Rojo – LEMAYA, Marrón – LEMAYA 2, Verde limón – SUR)

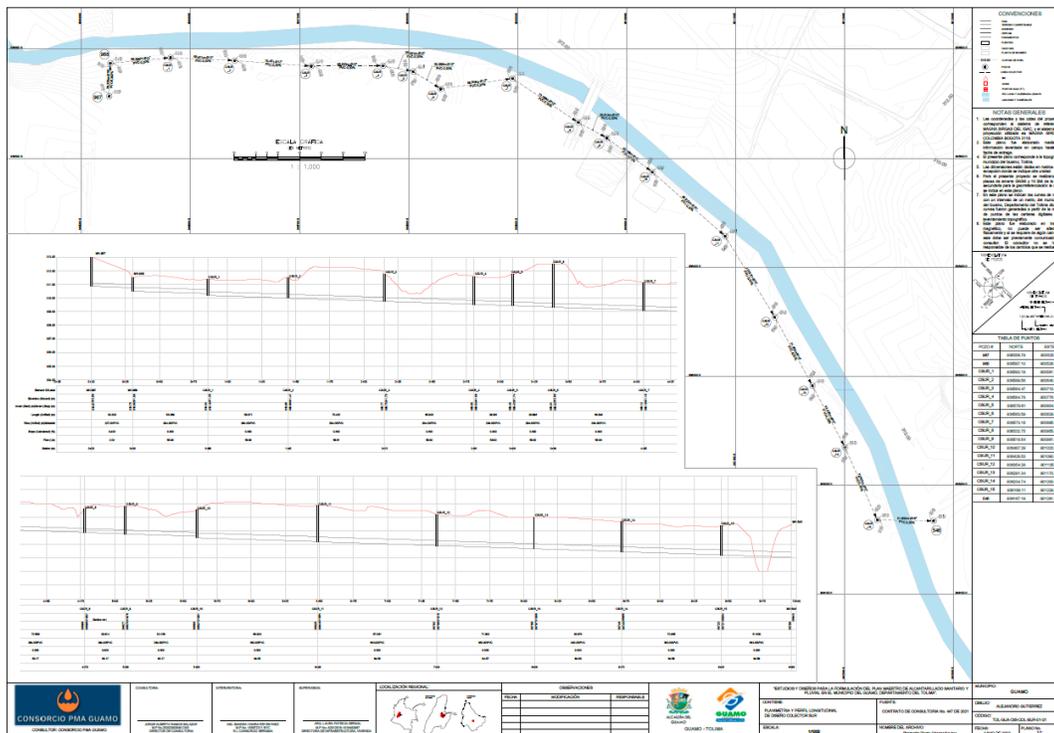




Fuente: Consorcio PMA Guamo

Para el colector Lemayá se determinó un colector semi-combinado encargado de recolectar las aguas residuales y parte de las aguas pluviales del municipio que vienen desde la zona alta del barrio Milán y terminan entregando a la PTAR del mismo subsistema, de igual forma y con el fin de que las aguas pluviales puedan llegar de una forma controlada al Humedal La Herreruna se incluye un colector de aguas lluvias que descargara en este humedal.

Figura 26 Planimetría Colector Sur

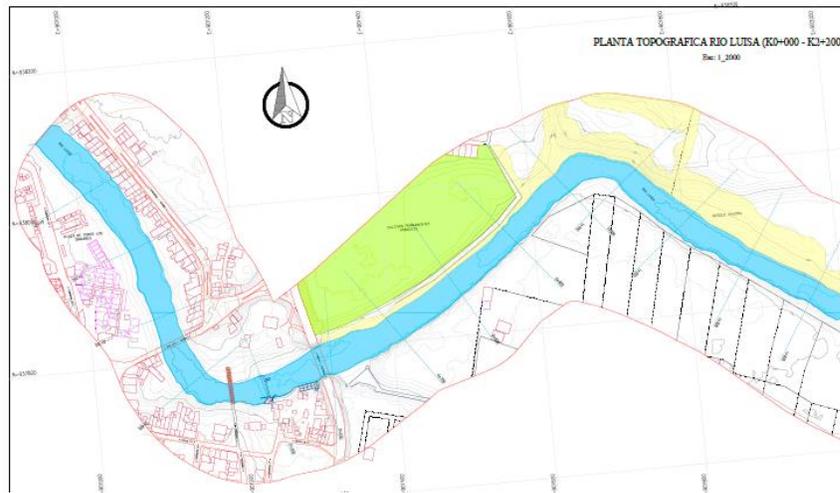


Fuente: Consorcio PMA Guamo

El colector Sur se encuentra diseñado con el fin de anular un paso subfluvial que actualmente esta generando problemáticas dentro de la zona suburbana del municipio además de brindar cobertura a las zonas determinadas como áreas de posible expansión dentro del diagnostico urbano realizado por la consultoría.

El colector Lemayá 2 será el encargado de recolectar las aguas semi-combinadas de las zonas con posibilidades de urbanización futura en el área sur-occidental de área urbana del municipio, así como el colector Lemayá se determinó la necesidad de incluir un colector pluvial que pueda llevar las aguas lluvias hacia el humedal La Herreruna y permita el flujo natural de la misa masi como la presentación del ecosistema.





Fuente: Consorcio PMA Guamo

- b. Monumentación en los predios donde se implantarán las PTAR's: dentro de las obligaciones del contrato se solicita al consultor que monumente dos placas para levantamiento topográfico en cada uno de los predios a levantar.

Figura 29 monumentación de placas en el predio escogido para implantar los diseños definitivos de la PTAR del subsistema Lemayá.



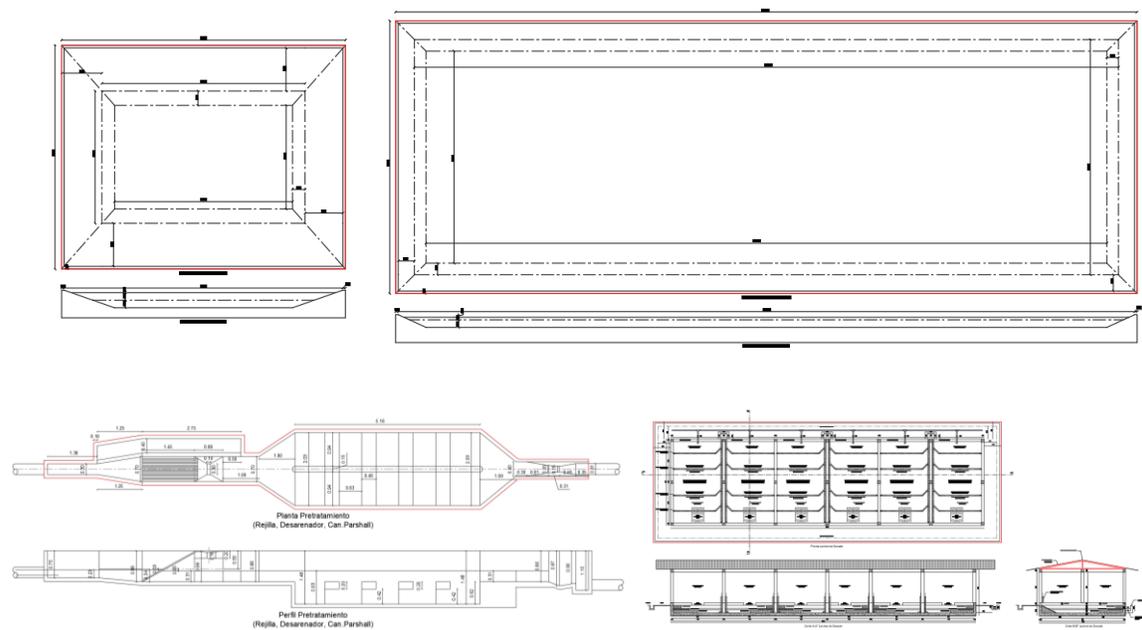
Fuente: Consorcio PMA Guamo

- c. Topografía de los predios donde se implanten los diseños definitivos de las PTAR's: una vez monumentados los puntos auxiliares se levantará la información topográfica a detalle de estos predios.

6.4.4.2. Diseños.

Actualmente los diseños hidráulicos de las Plantas de Tratamiento de Aguas residuales (PTAR) para los dos subsistemas se encuentran finalizados, una vez se termine la actividad del levantamiento topográfico de los predios de ubicación y se tengan los resultados del plan de exploración para los diseños estructurales de estas estructuras, se considerará finalizada.

Figura 30. Planos de diseños hidráulicos de las PTAR's de los subsistemas Luisa y Lemayá.



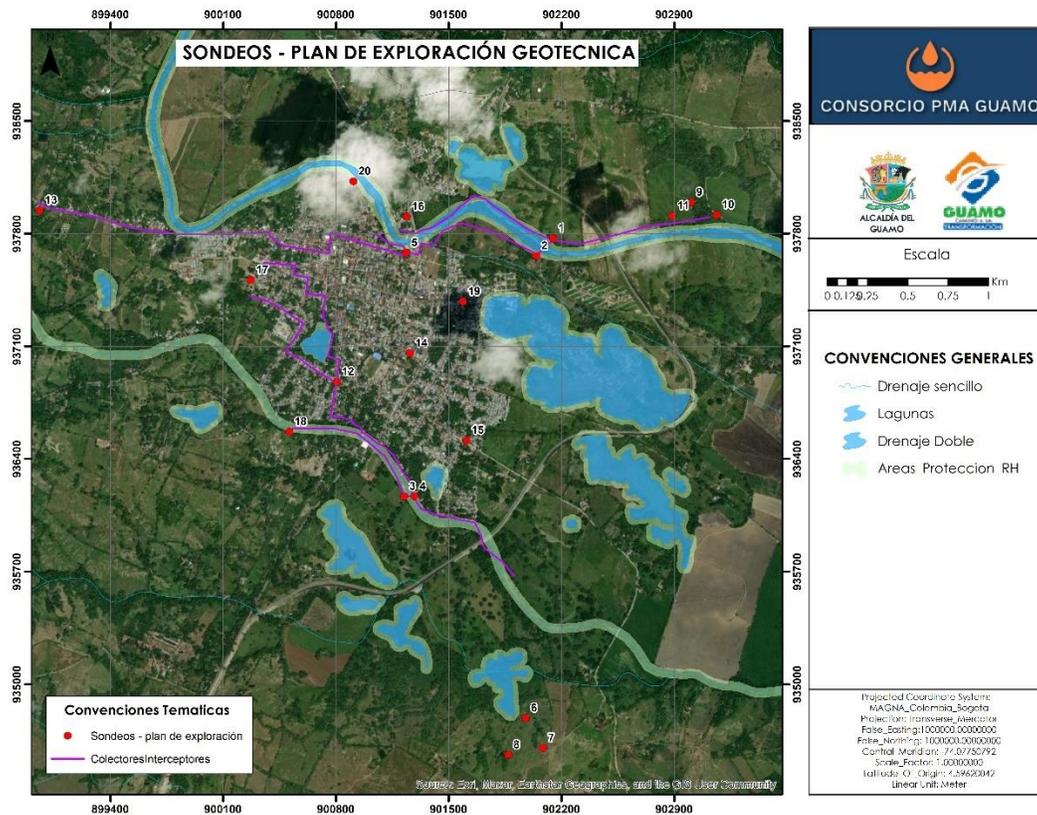
Fuente: Consorcio PMA Guamo

#### 6.4.5. Exploración geotécnica

##### 6.4.5.1. Plan de exploración

Como plan de exploración geotécnico para el área urbana del municipio se tienen planteados estudios de geotecnia directa como indirecta, dentro de los estudios a realizar por el Consorcio PMA GUAMO se plantea la realización de veinte sondeos u obtención de núcleos distribuidos según la necesidad de la consultoría para la construcción de obras específicas además de caracterizaciones dentro del área urbana del municipio, sitios donde se tengan planteadas estructuras como sifones invertidos es necesario conocer el subsuelo con el fin de desarrollar diseños estructurales acordes a la ubicación de esta estructura.

Adicionalmente a la exploración directa también se plantea alternar con exploración indirecta como líneas de refracción que puedan interpolarse con los estudios directos para dar continuidad a los resultados obtenidos en laboratorio.



#### 6.4.6. Presupuestos a detalle

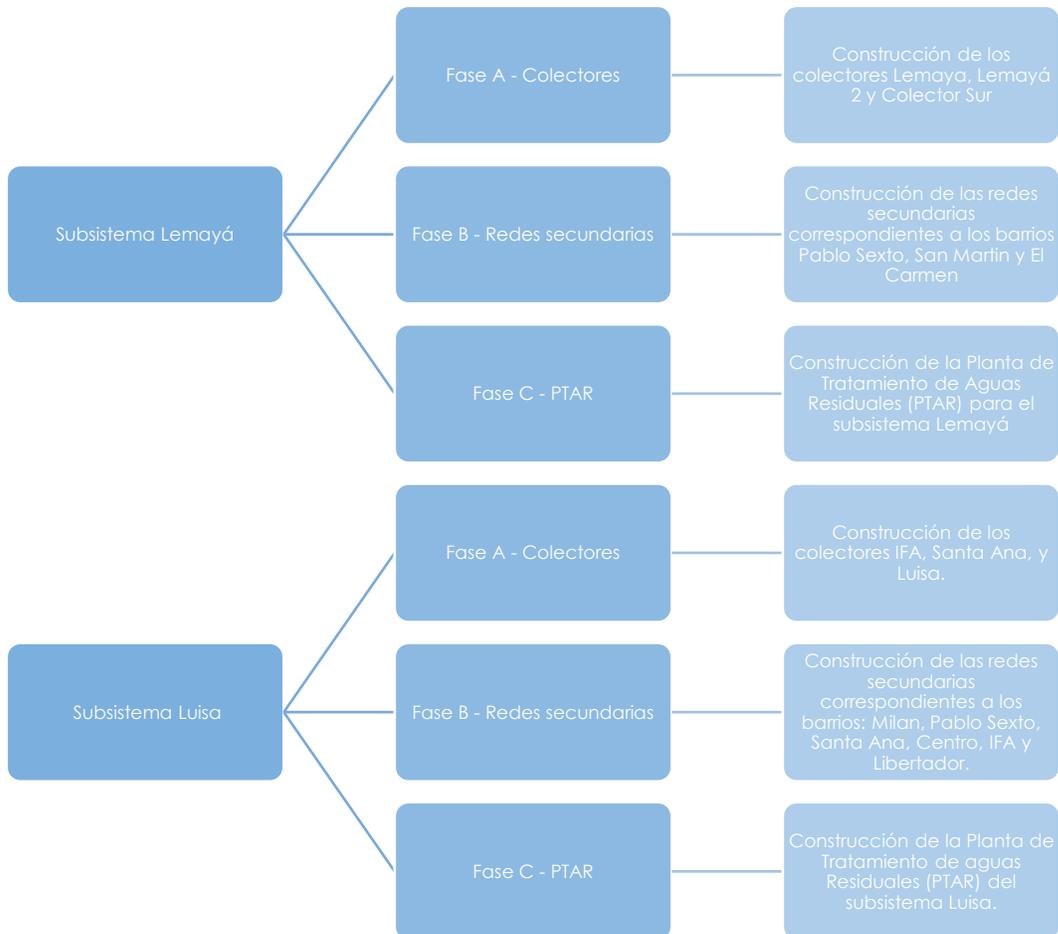
Dentro del presupuesto a detalle se incluyen listado de insumos, materiales, cotizaciones de la región y un informe de estudio de mercado donde se evidencia la búsqueda de proveedores de diferentes actividades que puedan brindar un servicio cercano a municipio, en el momento los presupuestos se encuentran esquematizados y planteados de acuerdo a la formulación del plan maestro, este es un subproducto que al momento de entrega de este informe se encuentra en construcción.

### 6.5. PRODUCTO V – FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO

#### 6.5.1. Propuesta de formulación para el Plan Maestro de Alcantarillado

Para la formulación del plan maestro de alcantarillado y con el fin de viabilizarlo económicamente además de facilitar su ejecución de acuerdo las prioridades que tenga el municipio se plantean seis fases de ejecución (tres por cada subsistema) independientes una de otra las cuales trataran obras específicas de la siguiente manera:

Grafica 7 desglose de las 6 formulaciones planteadas por la consultoría



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Para cada uno de estos proyectos se encuentra en realización su respectiva formulación la cual consta de: formato resumen, MGA, certificaciones, Licencias y permisos necesarios para la viabilización de los proyectos planteados por la consultoría

## 6.6. PRODUCTO VI – GESTIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL

### 6.6.1. Gestión social

#### 6.6.1.1. Socialización inicial del proyecto

Esta socialización tubo por objetivo presentar a los interesados el proyecto de los estudios y diseños del Plan Maestro de Alcantarillado del área urbana del municipio del Guamo, se explicó el alcance de la consultoría, la recolección de información llevada hasta el momento y trabajos de campo realizados y a realizar.

Figura 31 Registro fotográfico de la socialización inicial del contrato de consultoría.



Fuente: Consorcio PMA Guamo

#### 6.6.1.2. Cartografía social

La cartografía social realizada en el municipio del guamo se dividió en múltiples talleres donde cada uno de los barrios aportó las problemáticas de su territorio, esta información es de vital importancia para el Consorcio PMA GUAMO, ya que la identificación de puntos críticos da una integración del territorio con los estudios teóricos que han venido realizando los técnicos de la consultoría

Figura 32 registro fotográfico de socialización de resultados de la cartografía social



Fuente: Consorcio PMA Guamo

### 6.6.1.3. Socialización de planteamiento y selección de alternativas

Con el fin de aprobar las alternativas planteadas por la consultaría se citó a la comunidad a la socialización de planteamiento y selección de alternativas donde además de explicar las alternativas planteadas, si no mostrar avances en otros productos a los interesados en el proyecto.

Figura 33 registro fotográfico de la socialización de alternativas y avance del contrato



Fuente: Consorcio PMA Guamo

### 6.6.1.4. Socialización final del proyecto.

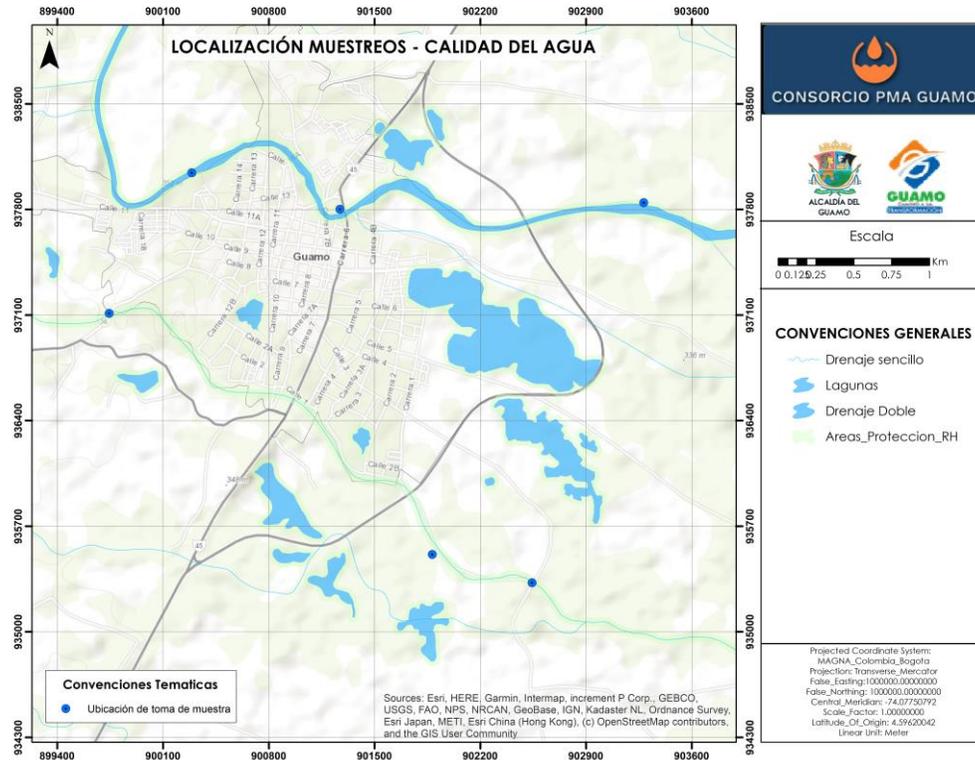
La socialización final del proyecto se encuentra pendiente por convocar, una vez se encuentren aprobados los diseños definitivos, será programada y citada.

## 6.6.2. Gestión ambiental

### 6.6.2.1. Estudios de calidad del agua

Para el estudio de calidad de aguas el Consorcio PMA GUAMO, se encargó de caracterizar las fuentes receptoras de la PTAR en este caso la Quebrada Lemayá y el Río Luisa, por medio del método integrado de caracterización y adicional a eso se caracterizó de mayor vertimiento a cada fuente por medio del método compuesto con 8 alcúotas cada dos horas.

Figura 34 mapa de ubicación de muestreos de calidad de agua



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Figura 35 registro fotográfico del trabajo de campo concerniente a los estudios de calidad de agua



Dentro de los resultados obtenidos por la consultoría en cuento a los estudios de calidad de aguas realizados sobre los vertimientos escogidos y las fuentes receptoras arrojan resultados del río Luisa y la Quebrada Lemaya que deberan ser tenidos en cuenta para los factores ambientales a ser tenidos en cuenta sobre los diseños de las PTAR's.

Figura 36 Resultados de Índice de Calidad de Agua – ICA en el Río Luisa y la Quebrada Lemayá

VARIABLE	RIO LUISA		QUEBRADA LEMAYÁ	
	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
Oxígeno disuelto	6.33	7.20	7.23	4.05
% saturación	81.3	96.7	97.2	56.1
Sólidos suspendidos totales	336	235	<15.3	16.3
Demanda química de oxígeno	28.4	20.8	10.3	36.3
Conductividad eléctrica	215	225	280	340
Nitrógeno Total	4.94	5.94	5.38	17.2
Fósforo total	0.284	0.253	0.36	0.804
Relación N total/P total	17.4	23.5	14.9	21.4
pH	8.36	8.21	8.30	7.70
Coliformes termotolerantes	1080	5880	510	135500
I <sub>OD</sub>	0.81	0.97	0.97	0.56
I <sub>SST</sub>	0.00	0.32	0.97	0.97
I <sub>DDO</sub>	0.51	0.71	0.91	0.71
I <sub>CE</sub>	0.27	0.22	0.00	0.00
I <sub>NP</sub>	0.80	0.15	0.80	0.15
I <sub>pH</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00
I <sub>COL</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10
RESULTADO ICA	0.49	0.48	0.67	0.49
CATEGORÍA	MALA	MALA	REGULAR	MALA

Fuente: Laboratorio Ambiental del Tolima operado por CORCUENCAS

Fuente: Consorcio PMA Guamo

Figura 37 Resultados ICOSUS en el Río Luisa y la Quebrada Lemayá

VARIABLE	RIO LUISA		QDA. LEMAYA	
	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	336	235	<15.3	16.3
ICOSUS	0.99	0.69	0.03	0.03
GRADO DE CONTAMINACION	MUY ALTA	ALTA	NINGUNA	NINGUNA

Fuente: Laboratorio Ambiental del Tolima operado por CORCUENCAS

Fuente: Consorcio PMA Guamo

Figura 38 Resultados ICOMO en el Río Luisa y la Quebrada Lemayá

VARIABLE	RIO LUISA		QDA. LEMAYA	
	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
Coliformes totales (NMP/100 ml)	5540	34410	5730	172000
I <sub>COL.TOL.</sub>	0.66	1.00	0.66	1.00
Demanda bioquímica de oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L)	<3.0	<3.0	<3.0	9.3
I <sub>DBO</sub>	0.28	0.28	0.28	0.63
Saturación de oxígeno disuelto (%)	81.3	96.7	97.2	56.1
I <sub>oxígeno %</sub>	0.19	0.03	0.03	0.44
ICOMO	0.38	0.44	0.33	0.69
GRADO DE CONTAMINACION	BAJA	MEDIA	BAJA	ALTA

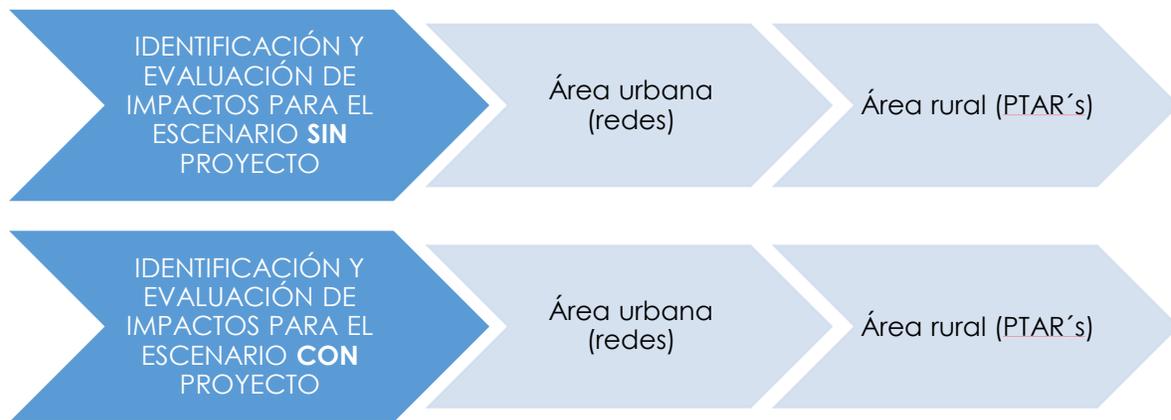
Fuente: Laboratorio Ambiental del Tolima operado por CORCUENCAS

Fuente: Consorcio PMA Guamo

### 6.6.2.2. Plan de Manejo Ambiental de obra

Debido a la configuración del contrato de consultoría y su desarrollo mismo se plantea un Plan de Manejo donde se separen las medidas rurales (Ubicación de las obras de PTAR's) y las urbanas (Construcción de las redes secundarias, y construcción de colectores), además de esto como primera medida se debe determinar la línea base del proyecto y la realización de la matriz de evaluación de impactos ambientales.

Grafica 8 flujo de trabajo para identificación e impactos



Fuente: Consorcio PMA Guamo

Figura 39 muestra de la matriz de impactos ambientales realizada por la consultoría

Medio	Recurso	Descripción	Impacto (s)	CRITERIOS DE EVALUACIÓN					CA	IMPACTO
				C	P	D	E	M		
ABIOTICO	GEOLÓGICO	Afectación de la comunidad ubicada en el casco urbano del municipio del Guamo por crecientes del río Luisa y la quebrada Lemayá o altas precipitaciones. Alteración de características del suelo por saturación de agua.	Amenaza por inundación	-	0.8	0.2	1	0.6	3.84	NEGATIVO BAJO
	GEO-MORFOLÓGICO	Alteración de elementos geomorfológicos en la zona de estudio por construcciones residenciales e intervención antrópica en general.	Cambios en la morfología del terreno	-	1	1	0.1	0.6	3.42	NEGATIVO BAJO
	SUELO	El área donde se construirá y ajustará las redes, pozos y colectores del sistema de alcantarillado corresponde al casco urbano del municipio del Guamo, en esta zona el uso del suelo es de tipo residencial, institucional y comercial.	Sobreutilización del suelo	-	0.6	0.7	0.1	0.6	1.512	NEGATIVO MUY BAJO
	HIDROLÓGICO	Alteración de propiedades físicoquímicas del río Luisa y la quebrada Lemayá por vertimientos directos de la comunidad. Presencia de residuos sólidos en el río Luisa. Contaminación del espejo de agua de los humedales La Huaca, La Zapura, Las Garzas, Azuceno y La Herruna por vertimiento de aguas residuales del sistema de alcantarillado actual y de asentamientos informales perimetrales a estos ecosistemas.	Contaminación del recurso hídrico superficial	-	1	0.7	1	1	9.1	NEGATIVO MUY ALTO
	ATMOSFERA	Generación de olores transportados por el agua residual descargada al río Luisa, así como por disposición de residuos sólidos y vertimientos sobre la ronda hídrica y cuerpo de agua de los humedales identificados.	contaminación de olores	-	0.6	0.5	1	0.5	3	NEGATIVO BAJO
		Generación de gases y ruido por tránsito vehicular constante sobre las vías del casco urbano del municipio.	Generación de ruido	-	0.5	0.2	1	0.3	1.35	NEGATIVO MUY BAJO
			Alteración de la calidad del aire	-	0.5	0.2	1	0.3	1.35	NEGATIVO MUY BAJO

Fuente: Consorcio PMA Guamo

### 6.6.2.3. Permisos de vertimientos

En cuanto al permiso de vertimientos en deber de la consultoría entregar toda la información al ente municipal para que inicie el proceso de solicitud ante la Corporación Autónoma Regional (CAR).

Tabla 15. Check list de información necesaria para solicitar el permiso de vertimientos para la PTAR

DOCUMENTACIÓN REQUERIDA	ESTADO
Formulario de solicitud	OK
Fotocopia de cédula alcalde	OK
Acta de posesión alcalde	OK
Certificado tradición y libertad predios PTAR's	Pendiente
Características de las actividades que generan el vertimiento	OK
Planos de localización	OK
Caracterización vertimientos	Pendiente
Diseños y memorias de cálculo	OK
Concepto uso del suelo	Pendiente
Evaluación ambiental del vertimiento	OK
Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos	OK
Costos de inversión y operación	Pendiente

Fuente: Consorcio PMA Guamo

## 7. AVANCE PORCENTUAL DEL CONTRATO DE CONSULTORÍA

A continuación se relacionan los avances hasta la fecha por parte de la consultoría.

Tabla 16. Relación de avance técnico porcentual por productos y subproductos

PRODUCTO	SUBPRODUCTOS	AVANCE PORCENTUAL POR SUBPRODUCTOS	AVANCE PORCENTUAL POR PRODUCTOS
<b>I - CATASTRO Y TOPOGRAFÍA</b>	TOPOGRAFIA	100%	100%
	CATASTRO	100%	
<b>II - DIAGNOSTICO</b>	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA	100%	100%
	DIAGNOSTICO URBANO	100%	
	DIAGNOSTICO AMBIENTAL	100%	
<b>III - PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS</b>	PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LAS REDES PRINCIPALES DEL MUNICIPIO	100%	100%
	PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA PTAR DEL SUBSISTEMA LEMAYÁ	100%	
	PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA PTAR DEL SUBSISTEMA LUISA	100%	
<b>IV - DISEÑOS DE ALCANTARILLADO Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	DISEÑOS DEFINITIVOS DE LOS COLECTORES - INTERCEPTORES	80%	61%
	DISEÑOS DEFINITIVOS DE LAS REDES SECUNDARIAS	60%	
	DISEÑOS DEFINITIVOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)	80%	
	EXPLORACIÓN GEOTECNICA	35%	
	PRESUPUESTOS A DETALLE	50%	
<b>V - FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO</b>	FORMULACIÓN PROYECTOS (3) SUBSISTEMA LUISA	40%	40%
	FORMULACIÓN PROYECTOS (3) SUBSISTEMA LEMAYÁ	40%	
<b>VI - GESTIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL</b>	GESTIÓN SOCIAL	90%	90%
	GESTIÓN AMBIENTAL	90%	
<b>AVANCE TOTAL DEL CONTRATO</b>			<b>82%</b>