

**ELABORACIÓN DE LOS COMPONENTES 2, 3, 4 ESTABLECIDOS EN EL
ARTÍCULO 4 DE LA RESOLUCIÓN 1433 DEL 2004, PARA LA FORMULACIÓN
DE UN PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS –PSMV- DE
UN CENTRO POBLADO**

JUAN SEBASTIAN CRUZ BECERRA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACION
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
BUCARAMANGA**

2009

**ELABORACIÓN DE LOS COMPONENTES 2, 3, 4 ESTABLECIDOS EN EL
ARTÍCULO 4 DE LA RESOLUCIÓN 1433 DEL 2004, PARA LA FORMULACIÓN
DE UN PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS –PSMV- DE
UN CENTRO POBLADO**

INFORME FINAL DE PRÁCTICA EMPRESARIAL

JUAN SEBASTIAN CRUZ BECERRA

Directora

Ing. NOLVA CAMARGO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACION
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

BUCARAMANGA

2009

Simplemente a Dios y a mis padres, a ellos que son mi fuerza, mi razón y mí existir. Este es solo el comienzo

AGRADECIMIENTOS

A GYR INGENIERIA LTDA. En cabeza del Ingeniero Vladimir Gómez, Por brindarme la oportunidad de servir como Practicante en el departamento de proyectos ambientales.

Al ingeniero Cesar Enrique Rojas, Sub gerente, mas que mi jefe, es mi camino a seguir, por sus enseñanzas, su dedicación y entrega a este servidor.

Al ingeniero Mauricio Carrillo, coordinador del área ambiental, por sus lecciones de vida.

A la Universidad Pontifica Bolivariana, mi alma mater, por darme ese ser profesional.

A Consuelo Castillo, jefe de la escuela de Ingeniería Ambiental, por los años de buen servicio a la escuela, igualmente por depositar su confianza en mí.

A Nolva Camargo, Directora de la práctica, por su voto de confianza, consejos y formación en el inicio de mi vida profesional.

A mis profesores, por haberme compartido su saber todos estos años y formarme como el profesional que soy.

A mis amigos de la universidad, por los millones de momentos compartidos, que perduraran en la eternidad.

A Laura Pérez, que en la fase final de este proyecto me brindo su apoyo y energía para culminar con éxito este logro.

A todas esas personas, que me es imposible nombrar, por esos pequeños gestos, pero grandes en valor, durante todo mi proceso, infinitas gracias.

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN.	10
1. OBJETIVOS.	11
1.1 OBJETIVO GENERAL.	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	11
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.	12
3. MARCO TEORICO.	14
3.1 AGUAS RESIDUALES.	14
3.2 PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS.	23
4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.	27
4.1 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PSMV.	27
4.2 VISITAS PRELIMINARES E IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	28
4.3 SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE LA DOTACIÓN DE CAMPO PARA LOS MONITOREOS.	29
4.4 CONSULTA BIBLIOGRAFICA Y ELABORACIÓN DE LOS ANTECEDENTES DE LAS FUENTES HÍDRICAS RECPETORAS PARA LA CAPACITACIÓN EN TÉCNICAS DE MUESTREO Y AFORO AL EQUIPO DE TRABAJO.	32
4.5 CARACTERIZACIÓN A VERTIMIENTOS Y FUENTES HIDRICAS SUPERFICIALES RECEPTORAS.	34

CONTENIDO

	Pag.
4.5.1 Parámetros in situ.	36
4.5.2 Análisis hidráulico.	39
4.5.3 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.	42
4.5.4 Preservación de muestras.	44
4.5.5 Puntos de muestro y fuentes hídricas receptoras.	45
4.5.6 Toma de resultados en campo.	48
4.5.7 Tabulación de datos in situ.	48
4.5.8 Diseño fichas técnicas de vertimientos y de corrientes receptoras.	50
4.6 CÁLCULO DE CARGAS CONTAMINANTES.	53
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	55
5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS A VERTIMIENTOS.	55
5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA FUENTE HÍDRICA RECEPTORA PRINCIPAL.	61
5.2.1 Comportamiento según el Caudal.	61
5.2.2 Comportamiento en términos de concentración de DBO ₅ y OD	63
6. CONCLUSIONES.	66
7. RECOMENDACIONES.	68
BIBLIOGRAFÍA.	69
ANEXOS.	70

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Organigrama <i>GYR INGENIERÍA LTDA.</i>	13
Figura 2. Metodología para el desarrollo del PSMV.	27
Figura 3. Identificación de los puntos de muestreo.	29
Figura 4. Equipos de protección personal (EPP).	30
Figura 5. Equipo de campo.	31
Figura 6. Molinete.	31
Figura 7. Equipo para análisis fisicoquímicos y microbiológicos.	32
Figura 8. Ilustración metodología de aforo.	35
Figura 9. Método para la determinación de O.D in Situ.	37
Figura 10. Prueba de Oxígeno Disuelto in situ.	38
Figura 11. pH –Metros de bolsillo.	39
Figura 12. Aforo Volumétrico.	40
Figura 13. Perfil de área transversal.	41
Figura 14. Aforo con Molinete.	42
Figura 15. Fuentes hídricas receptoras en el centro poblado.	45
Figura 16. Puntos de monitoreo.	47
Figura 17. Aspectos generales ficha técnica de vertimientos.	51
Figura 18. Grafica de Caudal Vs Tiempo.	52
Figura 19. Fotografías en la ficha técnica de vertimientos.	53

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 20. Grafica de caudal A.	60
Figura 21. Grafica de caudal B.	60
Figura 22. Perfil de caudal de la fuente hídrica receptora principal.	62
Figura 23. Perfil fuente hídrica receptora principal DBO ₅ Y O.D.	64

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Composición típica de las ARD.	16
Tabla 2. Aspectos a identificar durante la etapa preliminar	28
Tabla 3. Lineamientos técnicos realizados en las caracterizaciones por vertimiento.	35
Tabla 4. Métodos aplicados en los análisis de las aguas residuales.	43
Tabla 5. Resumen de muestreos especiales o requerimientos para el manejo de preservación y almacenamiento de muestras.	44
Tabla 6. Sistemas hídricos receptores con sus respectivos vertimientos.	46
Tabla 7. Tabulación de datos IN SITU.	49
Tabla 8. Tabla parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.	51
Tabla 9. Resultados vertimientos caracterizados.	55
Tabla 10. Caudal promedio y cargas contaminantes diarias.	57
Tabla 11. Concentraciones promedio, máxima y mínima.	58
Tabla 12. Resultados caracterización del vertimiento V8.	58
Tabla 13. Valor máximo y mínimo de caudal en la fuente hídrica receptora principal.	63 64

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo A Parámetros establecidos para el estudio de aguas residuales.	71
Anexo B Ficha técnica vertimientos.	74
Anexo C Ficha técnica de corrientes superficiales.	76

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ELABORACIÓN DE LOS COMPONENTES 2, 3, 4 ESTABLECIDOS EN EL ARTÍCULO 4 DE LA RESOLUCIÓN 1433 DEL 2004, PARA LA FORMULACIÓN DE UN PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS –PSMV- DE UN CENTRO POBLADO

AUTOR: JUAN SEBASTIAN CRUZ BECERRA

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR: NOLVA CAMARGO

RESUMEN

Según la Resolución 1433 de 2004 emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, describe el contenido de los componentes 2, 3, 4 para la formulación de un Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, como la identificación de vertimientos puntuales en zonas urbanas o centros poblados, junto con la caracterización de las aguas, cálculo y proyección de cargas contaminantes en Demanda biológica de oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales. La metodología para la formulación del Plan de saneamiento y manejo de vertimientos, esta claramente definida en tres fases. la primera fase, que son las actividades previas para la ejecución del proyecto (identificación de los puntos de vertimiento, adquisición de equipos de campo y consultas bibliográficas). la segunda fase, que corresponde al muestreo de los vertimientos de aguas residuales del sistema de alcantarillado y sus fuentes hídricas receptoras. Finalmente se calcula las cargas contaminantes y se da un análisis teórico y estadístico de los resultados fisicoquímicos. Se identificaron treinta y un Puntos de descarga distribuidos en cuatro fuentes hídricas receptoras en el centro poblado; siendo la fuente hídrica receptora principal el medio transporte de agua residual final, transportando las aguas servidas de las otras tres corrientes hídricas fuera del área de la ciudad. El estudio realizado calculó la proyección de carga contaminante a partir de las características fisicoquímicas de los vertimientos caracterizados en el centro poblado. Al respecto puede concluirse que se vierte 168.799 m³/día de agua residual con una carga aproximada de 43.866 kg/día de Demanda biológica de oxígeno y 15.783 kg/día Sólidos suspendidos totales.

PALABRAS CLAVE: plan, saneamiento, manejo , vertimientos, aguas residuales

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: DEVELOPMENT OF COMPONENTS 2, 3, 4 SET OUT IN ARTICLE 4 OF THE RESOLUTION 1433 OF 2004 FOR DEVELOPING A PLAN OF SANITATION AND MANAGEMENT DUMPING PSMV OF A TOWN

AUTHOR: JUAN SEBASTIAN CRUZ BECERRA

FACULTY: Faculty of Environmental Engineering

DIRECTOR: NOLVA CAMARGO

ABSTRACT

Under Resolution 1433 of 2004 issued by the Ministry of Environment, Housing and Territorial Development, describes the contents of the components 2, 3, 4 for the formulation of a Plan of sanitation and Management Dumping, the identification of dumping off in urban areas or towns, along with the characterization of the waters, estimates and projections of pollutant loads in Biological oxygen demand and total suspended solids. The methodology for the formulation of plan o sanitation and Management Dumping is clearly defined in three phases. the first phase, which are the preconditions for the implementation of the project (identification of the disposal, purchase of field equipment and consultations literature). The second phase, which corresponds to the sampling of wastewater discharges from the sewerage system and water sources receiving. Finally, the pollution load is calculated and gives a statistical and theoretical analysis of physicochemical results. We identified thirty-one points in four discharges receiving water sources in the town, being the main source of water receiving the final transportation of sewage; carrying sewage from the three other water flows out of the area of the city. The study calculated the projected pollutant load from the physical and chemical characteristics of effluents characterized in the town. In this regard it can be concluded that poured 168,799 m³/day of wastewater, with a cargo of about 43.866 kg / day of Biological oxygen demand and 15.783 kg / day of total suspended solids.

KEYWORDS: plan, sanitation, handling, disposal, wastewater

INTRODUCCIÓN

El siguiente documento tiene como contenido el informe final correspondiente a la práctica realizada en la empresa GYR INGENIERIA LTDA, que tiene como nombre “ELABORACIÓN DE LOS COMPONENTES 2, 3 y 4 ESTABLECIDOS EN EL ARTÍCULO 4 DE LA RESOLUCIÓN 1433 DE 2004, PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE UN CENTRO POBLADO”. Proyecto que se desarrolló durante el segundo semestre académico del 2008.

Este informe final se divide en tres fases: la primera, consistente en la realización de acciones previas necesarias para la elaboración del proyecto. La segunda hace referencia a la toma de muestras y obtención de resultados del estudio y, por último, la tercera, corresponde a la interpretación de los datos obtenidos.

Es de aclarar que el proyecto por haberse ejecutado para una entidad prestadora de servicios públicos, contiene una cláusula de confidencialidad que obliga la reserva de cierta información. En razón a la misma, se omiten datos geográficos como nombres de lugares, puntos de vertimientos, ríos, barrios, población, entre otros. La información que contiene dicho documento es verídica, pero es limitada.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar los componentes 2, 3, 4 establecidos en el artículo 4 de la resolución 1433 del 2004, para la formulación de un Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos –PSMV- de un centro poblado.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

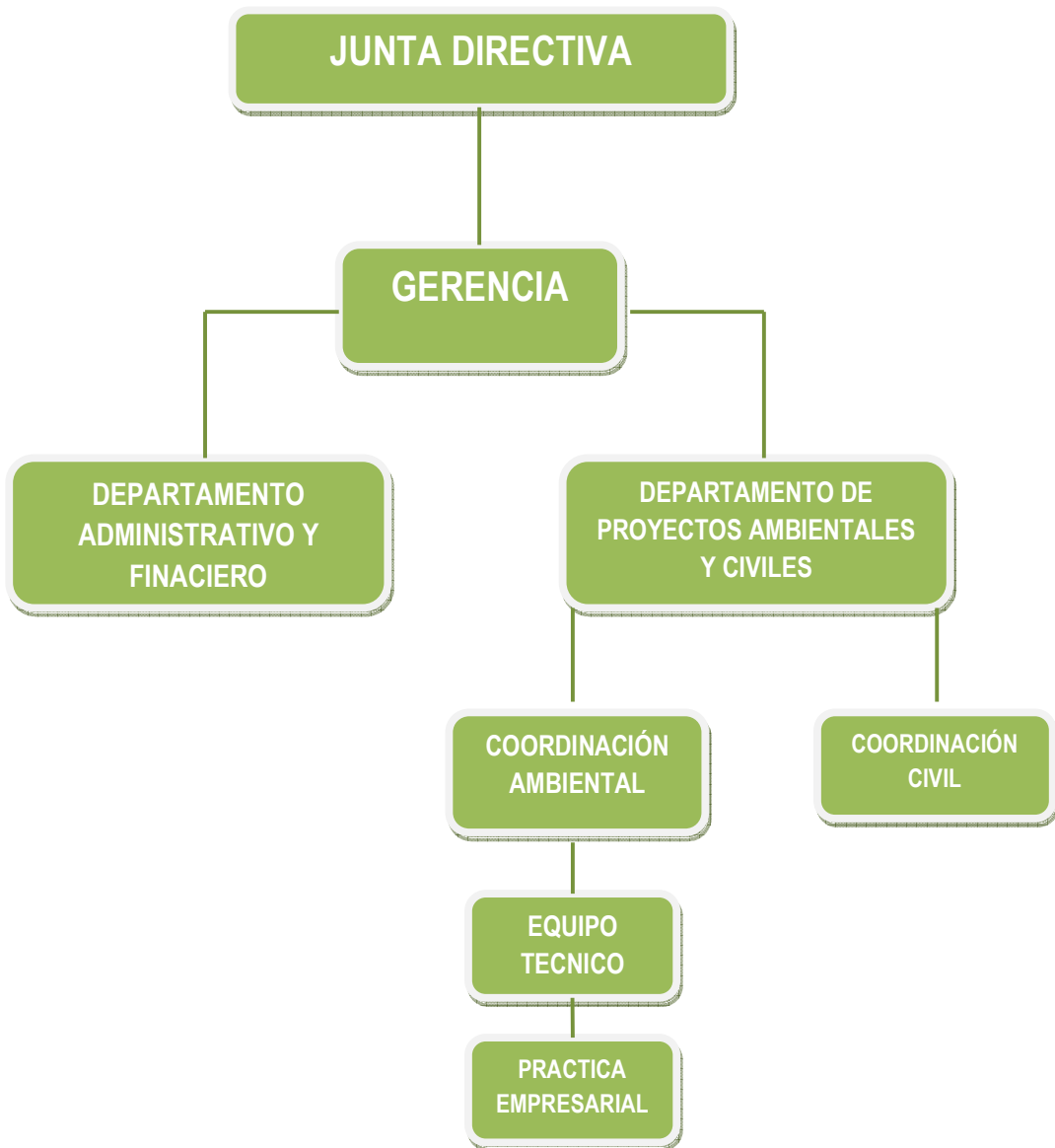
- Identificar los puntos de vertimiento y fuentes receptoras superficiales del centro poblado.
- Caracterizar el comportamiento hidráulico y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los vertimientos de aguas residuales domésticas y fuentes hídricas receptoras.
- Calcular la proyección de carga contaminante a partir de las características fisicoquímicas de los vertimientos caracterizados.
- Analizar estadística y teóricamente los resultados fisicoquímicos e hidráulicos obtenidos en la caracterización de los vertimientos de aguas residuales y fuentes hídricas evaluadas en el estudio.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

GYR INGENIERÍA Ltda., es una empresa de ingeniería, que presta servicios de consultoría, construcción, interventoría y administración de proyectos, conformada por personas con valores, calidad humana, conocimiento y experiencia, dirigida a satisfacer las necesidades del cliente, en el sentido de un desarrollo sostenible.

La filosofía de la empresa es la prestación de productos y servicios de calidad, diferenciables, eficaces e innovadores, como una compañía dinámica, que se adapta a las necesidades del cliente ofreciendo confianza y seguridad en el cumplimiento de las obligaciones. Integrando el trabajo de campo y oficina, capaz de realizar alianzas para fortalecerse y abrir nuevos campos, con espíritu de investigación; mezclando la experiencia con la aplicación de nuevos conceptos. En la figura 1 se presenta el organigrama general de la empresa.

Figura 1. Organigrama *GYR INGENIERIA LTDA.*



Fuente: Autor.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 AGUAS RESIDUALES

La disposición de un residuo sobre el suelo, el aire o el agua, es una de las etapas inevitables de la transformación que sufre todo material en la naturaleza. Las aguas residuales se descargan finalmente sobre el suelo, sobre una fuente receptora o, en muy pocos casos, se reutilizan en forma directa.

El método más común de disposición de aguas residuales consiste en descargarlas sobre un río, un lago o el mar. El análisis de sus efectos contaminantes constituye uno de los problemas de mayor interés en la definición de políticas de manejo de los recursos hídricos, especialmente cuando se quiere aprovechar la capacidad de autopurificación en beneficio del desarrollo social y de la elevación del nivel de ingreso de una población aportante, al permitir el uso de la dilución en la asimilación de las cargas contaminantes.

En general, se consideran *aguas residuales domésticas (ARD)* los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denominan *aguas residuales municipales* los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal. Se denominan *aguas residuales industriales* las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura; igualmente También se acostumbra denominar *aguas negras* a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Y *aguas grises* a las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, aportantes de DBO, sólidos suspendidos, fosforo, grasas y coliformes.

Aunque el precio del agua es un factor de gran incidencia en el consumo, la cantidad de agua de consumo doméstico no debería superar los 200 L/c.d con un promedio de 60 a 70% para baño, lavandería, cocina y aseo, y un 30 a 40% para arrastre sanitario de excrementos y orina.

Las aguas lluvias transportan la carga poluidora de techos, calles y demás superficies por donde circula; sin embargo, en ciudades modernas se recogen en alcantarillas separadas, sin conexiones conocidas de aguas residuales domésticas o industriales y, en general, se descargan directamente en el curso de agua natural más próximo sin ningún tratamiento. En ciudades que poseen un sistema de alcantarillado combinado se acostumbra captar el caudal de tiempo seco mediante un alcantarillado interceptor y conducirlo a la planta de tratamiento. No obstante, durante los aguaceros el caudal en exceso de la capacidad de la planta y del alcantarillado interceptor se desvía directamente al curso natural del agua. En este caso se pueden presentar riesgos serios de contaminación y de violación de las normas de descarga, los cuales solo se pueden evitar reemplazando el sistema de alcantarillado combinado por uno separado.¹

Características de las aguas residuales. La expresión de las características de un agua residual puede hacerse de muchas maneras, dependiendo de su propósito específico; sin embargo, vale la pena anotar que toda caracterización de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados. En general, un programa de muestreo para caracterización y control de calidad de aguas supone un análisis cuidadoso del tipo de muestra, número de ellas y parámetros que se deben analizar, en especial en un medio como el colombiano en el que no se justifica asignar más recursos de los estrictamente necesarios para satisfacer el objetivo propuesto.

¹ ROMERO ROJAS. Jairo. Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000, p17.

La siguiente es una tabla que contiene los valores típicos de la composición de las aguas residuales domésticas.²

Tabla 1. Composición típica de las ARD

PARÁMETRO	MAGNITUD
Sólidos totales	720 mg/L
Sólidos disueltos	500 mg/L
Sólidos disueltos volátiles	200 mg/L
Sólidos suspendidos	220 mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	165 mg/L
Sólidos sedimentables	10 mg/L
DBO	220 mg/L
COT	160 mg/L
DQO	500 mg/L
Nitrógeno total	40 mg/L - N
Nitrógeno orgánico	15 mg/L - N
Nitrógeno amoniacal	25 mg/L - N
Nitritos	0 mg/L - N
Nitratos	0 mg/L - N
Fosforo total	8 mg/L - P
Fosforo orgánico	3 mg/L - P
Fosforo inorgánico	5 mg/L - P
Cloruros	50 mg/L - Cl
Alcalinidad	100 mg/L - CaCO ₃
Grasas	100 mg/L

Fuente: ROMERO ROJAS. Jairo. Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000, p 21.

Características físicas. Temperatura la determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de análisis y tratamientos de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.

² ROMERO ROJAS. Jairo. Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000, p19

En estudios de polución de ríos, estudios limnológicos y en la identificación de la fuente de suministro en pozos, la temperatura es un dato necesario.

La temperatura debe tomarse en el sitio del muestreo. La determinación de la temperatura puede hacerse con un termómetro de mercurio de buena calidad. El termómetro debe sumergirse en el agua, preferiblemente en movimiento. Seguidamente se efectúa la toma de lectura.³

Sólidos se clasifica toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos, como materia sólida. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad de material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.

Sólidos totales se definen como sólidos la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 °C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos).

Sólidos suspendidos (residuo no filtrable o material no disuelto). Son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Goosh previamente pesado. El crisol con su contenido se seca a 103 °C; el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos suspendidos o residuo no filtrable⁴.

Características químicas. Oxígeno Disuelto la determinación del Oxígeno Disuelto (OD) es muy importante en la ingeniería ambiental por cuanto es el factor que determina la existencia de condiciones aeróbicas o anaeróbicas en un medio particular. La determinación de OD sirve como base para cuantificar DBO,

³ ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p 111.

⁴ ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005.p 111

aerobicidad de los procesos de tratamiento, tasas de aireación en los procesos de tratamiento aeróbico y grado de polución de los ríos. El OD se presenta en cantidades variables y bajas en el agua; su contenido depende de la concentración y estabilidad del material orgánico presente y es, por ello, un factor muy importante en la autopurificación de los ríos. Los valores de OD en aguas residuales son relativamente bajos; tienden a 0 mg/L y disminuyen con la temperatura⁵.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) la oxidación microbial o mineralización de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos naturales de agua y constituyen una de las demandas de oxígeno, ejercida por los microorganismos heterótrofos, que hay que cuantificar.

Materia orgánica + nutrientes + O₂ → CO₂ + H₂O + nuevas células + nutrientes
+ Energía.

Uno de los ensayos mas importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales es el ensayo de DBO a cinco días. Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días y a 20°C.

En aguas residuales domesticas, el valor de la DBO a cinco días representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable. La DBO, como todo ensayo biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables. El ensayo supone la medida de la

⁵ ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p 173

cantidad de oxígeno consumido por los organismos vivos en la utilización de la materia orgánica presente en un residuo; por tanto, es necesario garantizar que durante todo el periodo del ensayo exista suficiente OD para ser utilizado por los organismos. Además, debe garantizarse que se suministran las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo y el trabajo de los microorganismos, así que hay que proporcionar los nutrientes necesarios para el desarrollo bacterial, tales como N y P, y eliminar cualquier sustancia tóxica en la muestra. Es también necesario que exista una población de organismos suficientes en cantidad y variedad de especies, comúnmente llamada “simiente”, durante la realización del ensayo.⁶

Demanda Química de Oxígeno (DQO) La demanda química de oxígeno es un parámetro analítico de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente, representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida. El ensayo tiene la ventaja de ser mas rápido que el de DBO y no está sujeto a tantas variables como las que pueden presentarse en el ensayo biológico. Todos los compuestos orgánicos, con unas pocas excepciones, pueden ser oxidados a CO₂ y agua mediante la acción de agentes oxidantes fuertes, en condiciones acidas.

Si la muestra se caracteriza por un predominio de material oxidable químicamente oxidable pero no oxidable biológicamente, el valor de la DQO será mayor que el de la DBO. En general, eso se observa en aguas residuales crudas, residuos textiles y residuos de procesamiento de papel. En aguas residuales domésticas típicas es común suponer una relación DQO/DBO igual a dos, pero en efluentes de plantas de tratamiento la relación puede ser igual a tres.

⁶ ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p 175.

Si el caso es contrario al anterior, es decir, si predominan en la muestra el material oxidable biológicamente, la DBO será mayor que la DQO; como ejemplo puede citarse el de algunos residuos de destilerías o plantas de refinación que pueden tener una DBO alta y una DQO baja.

El valor de DQO se usa extensivamente en el análisis de aguas residuales; junto con el valor de DBO, permite determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas de la muestra, así como la eficiencia de las unidades de tratamiento.⁷

Grasas y Aceites. En el lenguaje común, se entiende por grasas y aceites el conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua, muy ofensivas estéticamente. En aguas residuales los aceites, las grasas y las ceras son los principales lípidos de importancia. El parámetro grasas y aceites incluye los ésteres de ácidos grasos de cadena larga, compuestos con cadenas largas de hidrocarburos, comúnmente con un grupo ácido carboxílico en un extremo; materiales solubles en solventes orgánicos, pero muy insolubles en agua debido a la estructura larga hidrofóbica del hidrocarburo. Estos compuestos sirven como alimento para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes.⁸

Las grasas y los aceites son muy complicados de transportar en las tuberías de alcantarillado, reduce la capacidad de flujo de los conductos, son difíciles de atacar biológicamente y generalmente se requiere su remoción en plantas de pretratamiento. Las grasas y aceites pueden constituir un problema serio de polución en mataderos, frigoríficos, industrias empacadoras de carnes, fabrica de

⁷ ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p 186.

⁸ ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p196.

aceites, restaurantes, estaciones de servicio automotor. Su cuantificación es necesaria para determinar la necesidad de un pre tratamiento. En general, su concentración para descarga sobre el sistema de alcantarillado se limita a menos de 200 mg/L; en la norma colombiana, Decreto 1594 de 1984, a 100 mg/L.

Detergentes. Los detergentes, además de ser sustancias usadas para la limpieza, son compuestos de materiales orgánicos superficialmente activos en soluciones acuosas. Las moléculas de los compuestos superficialmente activos son grandes, un extremo de la molécula muy soluble en agua y el otro soluble en aceites; generalmente se utilizan como sales de sodio o de potasio. Los detergentes, en agua, alteran su tensión superficial y permiten la formación de burbujas estables en el aire, gracias a su contenido de agentes superficialmente activos o surfactantes, sustancias que combinan en una sola molécula un grupo fuertemente hidrofóbico con uno fuertemente hidrofílico. El grupo hidrofóbico es, generalmente, un radical de hidrocarburo de 10 a 20 átomos de carbono, no polar. El grupo hidrofílico, polar, es de dos tipos: el que se ioniza en el agua y el que no lo hace. Esto origina los detergentes catiónicos y aniónicos, así como los no iónicos o híbridos.

Los detergentes causan problemas de espumas en aguas superficiales, lagos, plantas de lodos activados y en general, en sitios de mezcla turbulenta de aguas residuales. La biodegradabilidad de los detergentes es muy variable. Dependiendo de su composición química, pueden ser fácilmente descompuestos o difíciles e utilizar como alimento para bacterias.

Los detergentes contribuyen con concentraciones muy variables a la polución en aguas residuales; generalmente se encuentran concentraciones de 1 a 20 mg/L.⁹

Grupo del Nitrógeno. los compuestos del nitrógeno son de gran interés para los ingenieros ambientales debido a su importancia en los procesos vitales de todas

⁹ ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p 198.

las plantas y animales. La química del nitrógeno es compleja a causa de los diversos estados de valencia que puede asumir este elemento y al hecho de que los cambios en la valencia los pueden hacer organismos vivos. Para añadir aún más interés, los cambios de valencia efectuados por las bacterias pueden ser positivos o negativos, según si las condiciones son aeróbicas o anaeróbicas. Las formas de mayor interés son:

- Nitrógeno amoniacal
- Nitrógeno de nitritos
- Nitrógeno de nitratos
- Nitrógeno orgánico¹⁰

Nitrógeno total Kjeldahl (NTK). El NTK determina nitrógeno en el estado trinegativo; el método es el mismo usado para la determinación de nitrógeno orgánico, excepto que se omite la remoción de nitrógeno amoniacal. En otras palabras, el NTK es igual al nitrógeno amoniacal más el nitrógeno orgánico.¹¹

Potencial de Hidrogeno pH. Medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrogeno. Aguas residuales en concentración adversa del ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de seis, en tratamiento biológico, favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias. A pH bajo el poder bactericida del Cloro es mayor, porque predomina el HOCl; el pH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no iónica (NH₃), la cual es toxica, pero también removible mediante arrastre con aire. El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento

¹⁰ ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p 134.

¹¹ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p 145.

y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6,5 a 8,5.¹²

Características bacteriológicas. Grupo Coliforme. El grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas anaerobias, Gram negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan lactosa con formación de gas en un periodo de 48 horas a 35 °C.

El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande; la secreción diaria por habitante varía entre 125×10^9 y 400×10^9 . Su presencia en el agua se considera un índice evidente de la ocurrencia de polución fecal y por tanto, de contaminación con organismos patógenos. En aguas residuales la relación de organismos coliformes con organismos entéricos patógenos es muy grande; de orden de $10^6/1$.

La *Escherichia Coli* es la bacteria indicadora del grupo coliforme fecal, debido a su presencia permanente en la flora intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente; es Gram negativa, facultativa anaerobia, de forma bacilar. La mayoría de los miembros de la especie E. Coli son comensalistas inocuos, pero algunas cepas son patogénicas. La E. Coli patógena causa problemas digestivos.¹³

¹² ROMERO ROJAS. Jairo. Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000, p 66

¹³ ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, p 216.

3.2 PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS -PSMV-

La siguiente es la definición de Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) con sus respectivos componentes, contenida en la resolución 1433 del 2004 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial:

Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV. “Es el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, los cuales deberán estar articulados con los objetivos y las metas de calidad y uso que defina la autoridad ambiental competente para la corriente, tramo o cuerpo de agua. El PSMV será aprobado por la autoridad ambiental competente.

El Plan deberá formularse teniendo en cuenta la información disponible sobre calidad y uso de las corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores. los criterios de priorización de proyectos definidos en el Reglamento Técnico del sector RAS 2000 o la norma que lo modifique o sustituya y lo dispuesto en el Plan de Ordenamiento y Territorial, POT. Plan Básico de Ordenamiento Territorial o Esquema de Ordenamiento Territorial. El Plan será ejecutado por las personas prestadoras del servicio de alcantarillado y sus actividades complementarias”.

Presentación de información. Las personas prestadoras del servicio público de alcantarillado y sus actividades complementarias que requieran el PSMV, presentarán ante la autoridad ambiental competente, en un plazo no mayor de doce (12) meses contados a partir de la fecha de publicación de la presente resolución, como mínimo la siguiente información:

- (1) Diagnóstico del sistema de alcantarillado, referido a la identificación de las

necesidades de obras y acciones con su orden de realización que permitan definir los programas, proyectos y actividades con sus respectivas metas físicas.

El diagnóstico incluirá una descripción de la infraestructura existente en cuanto a cobertura del servicio de alcantarillado (redes locales), colectores principales, número de vertimientos puntuales, Corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores en área urbana y rural, interceptores o emisarios finales construidos, ubicación existente o prevista de sistemas de tratamiento de aguas residuales. El diagnóstico deberá acompañarse de un esquema, o mapa en el que se represente.

- (2) Identificación de la totalidad de los vertimientos puntuales de aguas residuales realizados en las áreas urbanas y rural por las personas prestadoras del servicio público domiciliario de alcantarillado y sus actividades complementarias y de las respectivas corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores.

- (3) Caracterización de las descargas de aguas residuales y caracterización de las corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores, antes y después de cada vertimiento identificado.

Documentación del estado de la corriente, tramo o cuerpo de agua receptor en términos de calidad, a partir de la información disponible y de la caracterización que de cada corriente, tramo o cuerpo de agua receptor realice la persona prestadora del servicio público de alcantarillado y de sus actividades complementarias, al menos en los parámetros básicos que se señalan en el artículo 6° de la presente resolución.

- (4) Proyecciones de la carga contaminante generada, recolectada, transportada y tratada, por vertimiento y por corriente, tramo o cuerpo de agua receptor, a corto plazo (contado desde la presentación del PSMV hasta el 2° año), mediano plazo

(contado desde el 2° hasta el 5° año) y largo plazo (contado desde el 5° hasta el 10° año). Se proyectará al menos la carga contaminante de las sustancias o parámetros objeto de cobro de tasa retributiva.

▪(5) Objetivos de reducción del número de vertimientos puntuales para el corto plazo (contado desde la presentación del PSMV hasta el 2° año), mediano plazo (contado desde el 2° hasta el 5° año) y largo plazo (contado desde el 5° hasta el 10° año), y cumplimiento de sus metas de calidad, que se propondrán como metas individuales de reducción de carga contaminante.

▪(6) Descripción detallada de los programas, proyectos y actividades con sus respectivos cronogramas e inversiones en las fases de corto, mediano y largo plazo, para los alcantarillados sanitario y pluvial y cronograma de cumplimiento de la norma de vertimientos. Cuando se cuente con sistemas de tratamiento de aguas residuales, se deberá indicar y programar las acciones principales para cubrir incrementos de cargas contaminantes causados por crecimientos de la población, garantizar la eficiencia del sistema de tratamiento y la calidad definida para el efluente del sistema de tratamiento.

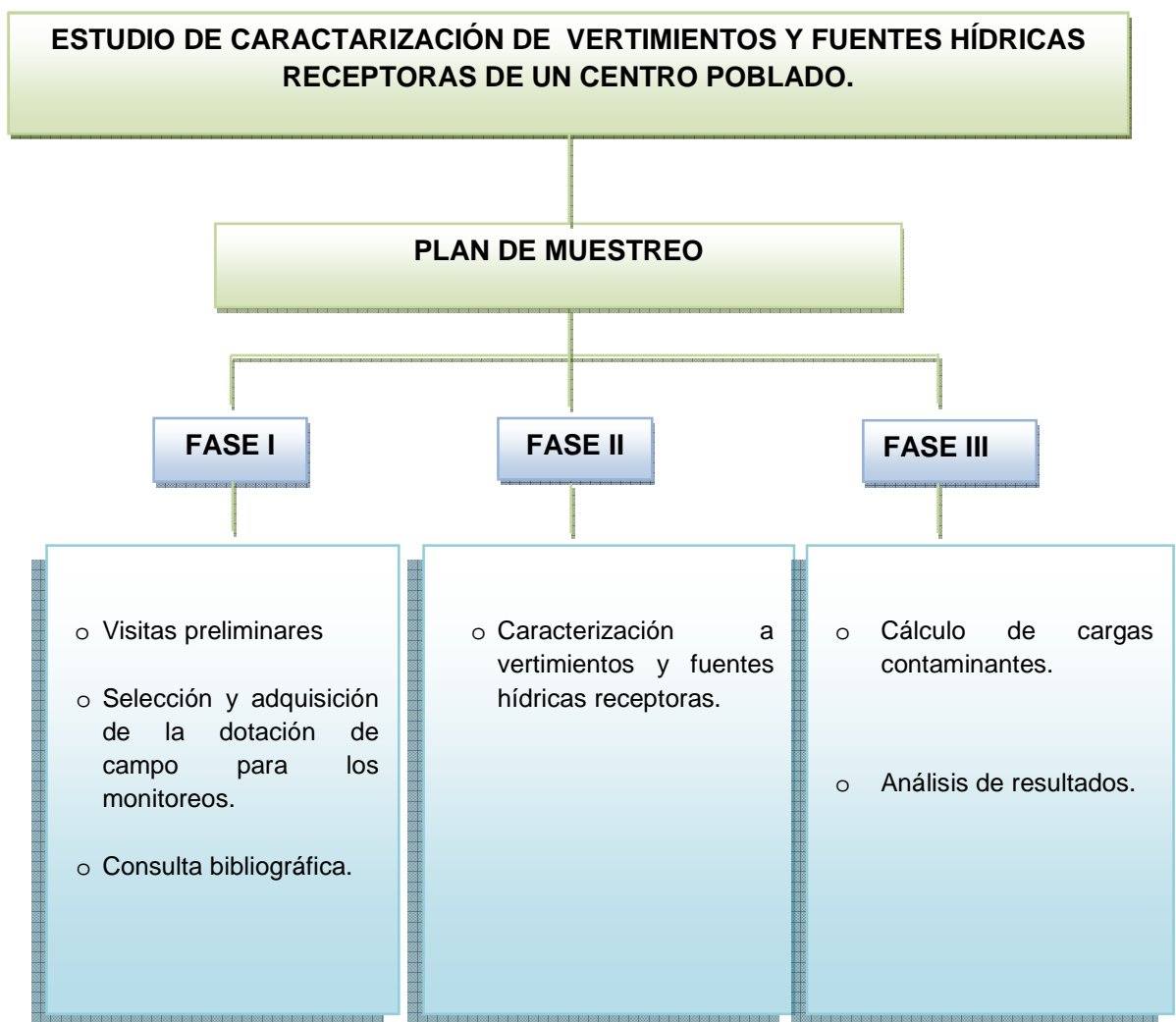
▪(6) En los casos en que no se cuente con sistema o sistemas de tratamiento de aguas residuales, se deberán indicar las fechas previstas de construcción e iniciación de operación del sistema de tratamiento.”¹⁴

¹⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1433 (27, diciembre, 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. Bogotá D. C.,: El Ministerio, 2004.

4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

4.1 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PSMV

Figura 2. Metodología para el desarrollo del PSMV.



Fuente: El autor

4.2 VISITAS PRELIMINARES E IDENTIFICACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

De conformidad con la programación del proyecto y atendiendo a los requerimientos del contratante, se realizaron las visitas a los distintos puntos de vertimientos de aguas residuales; para ello se contó con un equipo de posicionamiento global (GPS) y planos de redes de alcantarillado, que facilitaron la localización de los puntos referidos de vertimiento.

Adicionalmente se efectuaron inspecciones preliminares a las distintas fuentes superficiales receptoras (ver figura 3.), donde se identificaron las siguientes variables:

Tabla 2. Aspectos a identificar durante la etapa preliminar

ASEPCTOS A IDENTIFICAR	EJEMPLO
Localización	Geográfica y satelital
Accesibilidad	Identificación de vías de acceso
Factores de riesgo	Químicos, físicos, biológicos, psicosociales, etc
Método de aforo	Área – volumen, volumétrico
Estado físico de la estructura	Estado actual, averías, conexiones erradas.
Dotación de campo	Equipo de Campo, Implementos de seguridad
Recursos físicos	Estaciones de servicio, agua potable, CAI, restaurantes, Centros de Salud.

Fuente: Autor.

Figura 3. Identificación de los puntos de muestreo



Fuente: El autor.

El proyecto contó con una interventoría por parte de la empresa contratante, quien realizó la vigilancia y control de la ejecución del contrato, acorde con los términos de referencia.

4.3 SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE LA DOTACIÓN DE CAMPO PARA LOS MONITOREOS

Teniendo en cuenta el resultado obtenido de las visitas preliminares de campo, se realizó la selección del equipo de medición y adquisición del material seguridad como:

Implementos de seguridad personal: gafas, respiradores contra vapores químicos, botas pantaneras con puntera en acero, guantes de nitrilo, guantes

quirúrgicos, traje escafandra, traje fontanero, linternas químicas, arnés, botiquín primeros auxilios, antibacterial, repelente etc.

Figura 4. Equipos de protección personal (EPP)



Fuente: www.econsi.com/servicios/equiprotec.html

Equipo de campo: Morral, lazo, linterna, lámpara, baldes, plásticos, neveras de icopor, termos, cinta métrica, machetes, creolina, cámara digital, GPS, etc.

Figura 5. Equipo de campo



Fuente: Autor.

Equipo para vadeo: Molinete, micromolinete, cronometro.

Figura 6. Molinete



Fuente: http://www.ott-hydrometry.de/web/ott_de.nsf/id/pa_produkte_e.htm

Equipo para análisis fisicoquímicos y microbiológicos: Reactivos químicos, recipientes plásticos para muestras de agua, Ph metro, pipeta, pipetador, vaso winkler, termómetro, etc.

Figura 7. Equipo para análisis fisicoquímicos y microbiológicos



Fuente: autor.

Así mismo, se diseñó una lista para la verificación de ingreso y salida de materiales de campo, con el objeto de mantener en orden la intendencia de campo, evitar olvidos en la entrega de equipos, reportar pérdidas y daños, y finalmente identificar materiales agotados, para su adquisición o reemplazo previo.

4.4 CONSULTA BIBLIOGRÁFICA Y ELABORACIÓN DE LOS ANTECEDENTES DE LAS FUENTES HÍDRICAS RECEPTORAS PARA LA CAPACITACION EN TÉCNICAS DE MUESTREO Y AFORO AL EQUIPO DE TRABAJO.

La consulta bibliográfica se efectuó sobre la normatividad jurídica vigente relacionada con los planes de saneamiento y manejo de vertimientos -PSMV-,

fundamentalmente en lo que hace referencia a los requerimientos técnicos que este tipo de proyectos demandan. Las principales fuentes normativas consultadas fueron:

DECRETO 3100 DE 2003, Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización Directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.

Este decretó consagra las definiciones legales necesarias para la ejecución del proyecto, como carga contaminante, muestras puntuales, muestras compuestas, tasas retributivas, autoridades ambientales, entre otras.

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.

Esta resolución proporcionó al proyecto la fundamentación, los parámetros y la información requerida para la formulación de Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV.

DECRETO 1594 DE 1984, Usos del Agua y Residuos Líquidos.

Esta disposición legal determina los criterios de calidad para el uso del agua de las fuentes hídricas superficiales receptoras, permitiendo comparar los parámetros allí establecidos, con los obtenidos en las corrientes de estudio.

En el anexo A del presente documento, se esquematizaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos, acorde con la norma en mención. (anexo A).

Finalmente, con base en el documento: "IMPLEMENTACION DE TASA RETRIBUTIVA EN LA JURISDICCION DE LA CDMB CONFORME AL DECRETO

3100 DE 2003” de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, el cual contiene información detallada de las fuentes hídricas superficiales receptoras ubicadas en el área de estudio, se elaboró un escrito resumen sobre los antecedentes de las fuentes utilizadas y recopiló información en lo referente a:

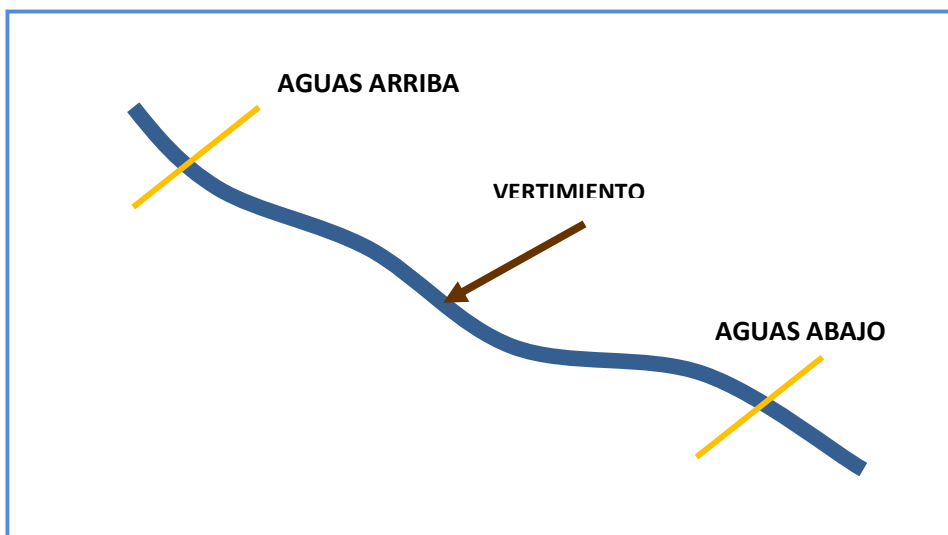
- Antecedentes históricos de calidad de agua.
- Calidad del agua actual.
- Actividades socioeconómicas.
- Características geográficas.
- Principales aportantes de carga contaminante.
- Objetivos de calidad.

4.5 CARACTERIZACIÓN A VERTIMIENTOS Y FUENTES HÍDRICAS SUPERFICIALES RECEPTORAS

La caracterización a vertimientos y fuentes hídricas superficiales receptoras corresponde a la parte operativa del proyecto. En primera instancia se ejecutó la caracterización de las fuentes hídricas receptoras. El trabajo de campo se realizó durante un día por fuente, debido a que las corrientes hídricas son sistemas dinámicos y sus condiciones hidráulicas pueden variar a través del tiempo. Ello motivó a realizar el aforo en un periodo corto.

Para el análisis de las fuentes se realizaron aforos de caudal aguas arriba y aguas abajo en cada punto de vertimiento previamente identificado (ver figura 8), igualmente se tomaron muestras puntuales en cada sitio reseñado, con el fin de evaluar el estado en términos de calidad de agua de la corriente, analizar la capacidad de asimilación de cargas contaminantes de las corrientes hídricas receptoras y la afectación que cada vertimiento hace a la corriente receptora.

Figura 8. Ilustración metodología de aforo



Fuente: El autor.

En la segunda etapa, se realizaron monitoreos a los vertimientos puntuales durante 24 horas continuas, bajo los siguientes lineamientos técnicos establecidos en el pliego de condiciones (Ver tabla 3).

Tabla 3. Lineamientos técnicos realizados en las caracterizaciones por vertimiento

TAREA	PERIODICIDAD (Hr)	TOTAL MUESTRAS POR PUNTO
CAUDAL (L/s)	CADA 1	24
OD (mg/L)	CADA 2	12
PH	CADA 2	12
TEMPERATURA AGUA (°C)	CADA 2	12

Tabla 3. (Continuación)

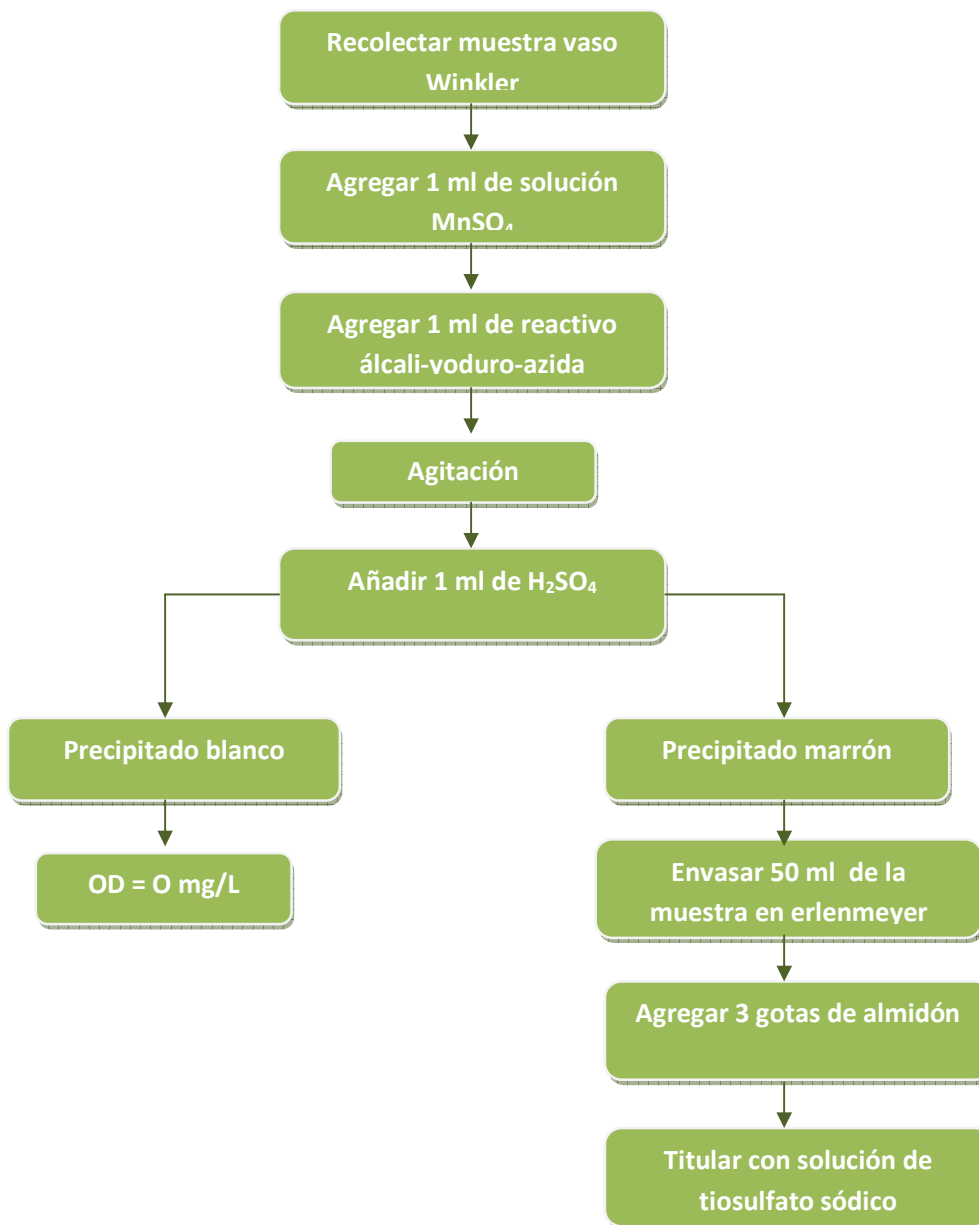
MUESTRA PUNTUAL	CADA 2	24
MUESTRA COMPUESTA	CADA 12	2

Fuente: El autor.

No obstante, cuando por medios sensoriales ya sea visualmente y/o olfativamente se podía percibir un cambio abrupto en el comportamiento del vertimiento; como por ejemplo: cambio del color del agua, cambio del olor, o crecimiento discriminado del caudal, se tomaron muestras puntuales para su análisis.

4.5.1 Parámetros in Situ. El parámetro in situ Oxígeno Disuelto (ver figura 9) del agua se determinó bajo el método modificación de azida. Los restantes parámetros pH y Temperatura del agua se determinan teniendo en cuenta el método potencio métrico; el cual consiste en la utilización de un Potenciómetro dotado con un sensor de temperatura para tal caso (Ver figura 11)

Figura 9. Método para la determinación de O.D in Situ



Fuente: El autor.

Finalmente, para el cálculo del O.D se aplica la siguiente ecuación

$$O.D \text{ mg/L} = \frac{\text{Volumen de tiosulfato titulado (ml)} \times 0,025 \text{ N} \times 8000}{\text{Volumen de la muestra (50 ml)}}$$

Figura 10. Prueba de Oxígeno Disuelto in situ



Fuente: El autor

Figura 11. pH –Metros de bolcillo.



Fuente: http://www.wtw.com/media/ES_L_03_pH_012_021_I.pdf

4.5.2 Análisis hidráulico. Para el estudio hidráulico se realizaron aforos bajo la siguiente metodología:

Método volumétrico Consiste en determinar el volumen de agua en un lapso de tiempo. Este método es usado cuando la corriente o vertedero presenta una caída de agua que facilite la recolección del flujo en un recipiente (ver figura 12).

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q: Caudal (L/s)

V: Volumen (L)

t : Tiempo (seg)

Procedimiento: Para calcular el volumen se debe colocar el recipiente debajo de la caída de tal manera que se pueda recolectar en su totalidad el flujo; simultáneamente se toma el tiempo que transcurre desde que el recipiente se inserta en la corriente, hasta cuando sale de ella. Posteriormente se determina el volumen recolectado.

Figura 12. Aforo Volumétrico



Fuente: El autor.

Método área – velocidad Consiste en determinar la velocidad media por la que cruza el flujo en una sección transversal de la fuente evaluada, este método es usado principalmente en fuentes hídricas superficiales.

$$Q = A \times V$$

Donde:

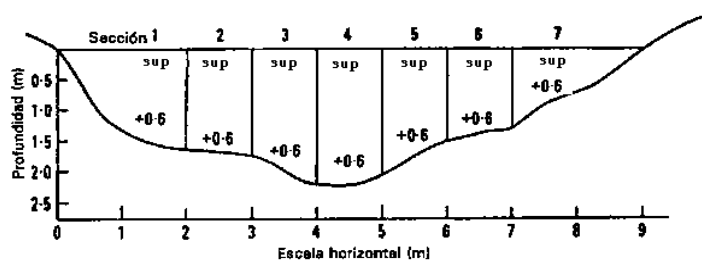
Q: Caudal (m^3/s)

A: Área (m^2)

V: Velocidad media (m/s)

El procedimiento consiste en realizar una batimetría a una sección transversal previamente elegida; en la cual se subdivide en 10 áreas parciales de la igual longitud y posteriormente se mide las profundidades respectivas. Seguidamente se determina la velocidad vertical de cada sección por medio de un molinete o correntómetro, ubicándolo en cada una de las áreas de manera perpendicular al flujo y determinando la velocidad en la superficie, al 60% y al 80% de la altura tomada desde la superficie al fondo. El número de velocidades tomadas por sección dependen directamente de la profundidad del área transversal de la fuente; para alturas menores o iguales a 0,20 m solo se toma la superficial, a profundidades entre los 0,21m a 0,60m se registraron las velocidades superficial y al 60%, para profundidades mayores a los 0,61m se midieron las velocidades superficial, al 60% y al 80%. (Ver figura 13).

Figura 13. Perfil de área transversal



Fuente: www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm

Figura 14. Aforo con Molinete



Fuente: El autor.

4.5.3 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos determinados a las muestras de agua tomadas en la caracterización de vertimientos y fuentes hídricas receptoras del centro poblado, fueron tratadas en el Laboratorio de Análisis Químico de Aguas Residuales de la Universidad Pontificia Bolivariana UPB; y su análisis se hizo bajo la metodología establecida en el Standard Methods (Ver tabla 4.)

Tabla 4. Métodos aplicados en los análisis de las aguas residuales

PARAMETRO	METODO	Código
DBO ₅	Prueba ROB de 5 Días	5210 B.
DQO	Método de refluo abierto	5220 B.
OD	Modificación de azida	4500 - O C.
SST	Sólidos totales en suspensión secados a 103 - 105 °C	2540 D.
COLIFORMES TOTALES	Técnicas estandarizadas de fermentación en tubos múltiples (NMP) de Coliformes totales	9221 B.
COLIFORMES FECALES	Procedimiento de NMP para Coliformes fecales	9221 C.
NTK	Método macro – Kjeldahl	4500-N _{org} B
GRASAS Y ACEITES	Método de partición – gravimetría	5520 B.
DETERGENTES	Surfactantes aniónicos como SAAM	5540 C.

Fuente: El autor.

Los anteriores parámetros fueron establecidos previamente en el pliego de condiciones del contrato de consultoría celebrado entre GYR Ingeniería y la empresa contratante. La razón de la selección de estos indicadores, obedece a que en una primera estancia la DBO₅, los SST y las Grasas y aceites son necesarios para hacer el cálculo de cargas contaminantes en la auto declaración de los vertimientos de la red de alcantarillado público, factor importante para la determinación de tasas retributivas conforme al Decreto 3100 del 2003.

En segunda instancia, se hace necesario realizar una caracterización más detallada de los vertimientos y las fuentes hídricas receptoras, con el fin de determinar de algún modo el impacto que efectúan dichas descargas a las fuentes receptoras correspondientes y analizar en otros estudios posteriores, la capacidad que tiene cada fuente de diluir y asimilar los contaminantes vertidos sobre la misma.

4.5.4 Preservación de muestras. Para garantizar la calidad de las muestras tomadas y asegurar un resultado objetivo de los parámetros, fueron recolectadas, preservadas y almacenadas según la metodología adoptada por el “REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS-2000” (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Resumen de muestreos especiales o requerimientos para el manejo de preservación y almacenamiento de muestras.

DETERMINACION	RECIPIENTE	PRESERVACION	ALMACENAMIENTO MÁXIMO (Recomendado/Regulatorio)
DBO₅	Plastico (P) Vidrio(V)	Refrigerada	6 h / 48 h
DQO	P, V	pH < 2 ; refrigerar	7 d / 28días
OD	V, botella de DBO	Analizar inmediatamente	-
SST	P, V	Refrigerar	7 d/2 - 7 días

Fuente: RAS-2000, Sección II, Título E Tratamiento de Aguas Residuales.

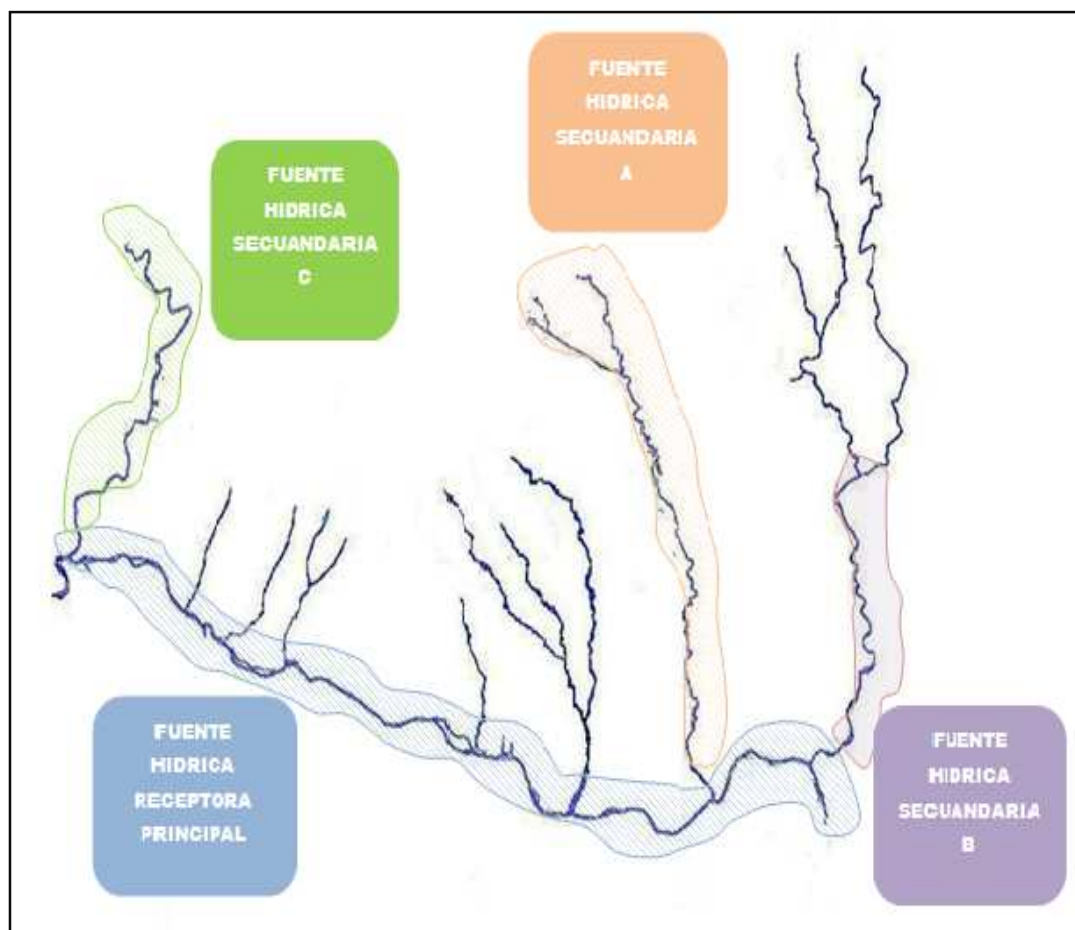
Para los parámetros de Detergentes, Coliformes Totales y Fecales, la muestra se almaceno en recipientes de plástico y su conservación se realizó por medio de refrigeración.

La preservación de las muestras se hace necesaria, para inducir a los microorganismos en una fase de respiración endógena; reduciendo considerablemente su metabolismo, evitando que consuman la materia orgánica existente en las muestras. Sin embargo en el caso de la DQO, Grasas y aceites,

NTK, es indispensable bajar el pH de las muestra menor a 2 unidades, para neutralizar las reacciones químicas propias de las aguas residuales.

4.5.5 Puntos de muestro y fuentes hídricas receptoras. En la tabla 6 se presenta los distintos sistemas evaluados con sus respectivas descargas, seguidamente se muestra una ilustración de la ubicación las fuentes hídricas receptoras en el espacio (Figura 15.).

Figura 15. Fuentes hídricas receptoras en el centro poblado



Fuente: Autor.

Tabla 6. Sistemas hídricos receptores con sus respectivos vertimientos

SISTEMA	VERTIMIENTO
FUENTE HIDRICA SECUNDARIA A	V1
	V2
	V3
	V4
	V5
	V6
	V7
	V8
	V9
	V10
FUENTE HIDRICA RECEPTORA PRINCIPAL	V11
	V12
	V13
	V14
	V15
	V16
	V17
	V18
	V19
	V20
	V21
	V22
FUENTE HIDRICA SECUNDARIA B	V23
	V24
	V25
FUENTE HIDRICA SECUNDARIA C	V26
	V27
	V28
	V29
	V30
	V31

Fuente: El Autor.

Como se aprecia en la tabla 6, el centro poblado dentro su extensión, cuenta con diversas fuentes hídricas, las cuales sirven como medio de transporte y evacuación para las aguas residuales servidas por dicha población.

Para el presente proyecto se estudiaron cuatro fuentes hídricas receptoras de los vertimientos de agua residuales provenientes de la red de alcantarillado del centro poblado. Tres de estas fuentes a su vez se convierten en corrientes afluentes de la fuente hídrica principal, sin embargo en algunos sectores se encontraron quebradas afluentes que reciben uno o más vertimientos, en este caso los monitoreos se realizaron antes de su confluencia con la fuente hídrica receptora (Ver Figura 16). Según las observaciones hechas en campo, se apreció que algunas quebradas cuentan con obras civiles de canalización, las cuales mejoran la capacidad de dilución y remoción de las cargas orgánicas vertidas sobre ellas; igualmente mitigan el fenómeno de erosión, debido a que presentan estructuras escalonadas que facilitan la caída de agua, formando turbulencias que indican a una oxigenación del líquido.

Figura 16. Puntos de monitoreo



Fuente: El Autor

4.5.6 Toma de resultados en campo. Los resultados in situ y las observaciones generales obtenidas en campo, se registraron en el Formato “FI-5.7-01 PLAN DE VISITAS Y MUESTREOS”, Dicho formato fue diseñado por el Laboratorio de Análisis Químico de Aguas Residuales de la Universidad Pontificia Bolivariana – UPB- seccional Bucaramanga, no solo con el propósito de apuntar los datos de campo de forma concisa y ordenada; sino también de realizar las posteriores memorias de campo exigidas en el pliego de condiciones del contrato de consultoría.

Entre la información contenida en el formato se encuentra

- Objetivo del muestro
- Datos generales del establecimiento
- Jornada laboral y horario de producción
- Plan se muestro
- Identificación de los puntos
- Parámetros a evaluar
- Tipos de muestra (Puntual o Compuesta)
- Observaciones generales
- Tabla para tabulación de parámetros insitu (O.D, Temperatura y Ph) de manera horaria.
- Tabla de resultados para afros volumétricos y Área-. Velocidad

4.5.7 Tabulación de datos insitu. Los parámetros fisicoquímicos y caudales obtenidos en campo (insitu), se tabularon en una tabla diseñada en el software Microsoft Office Excel (Tabla 7)

Tabla 7. Tabulación de datos INSITU

PUNTO HORA	VERTIMIENTO 6			
	Q	O.D	PH	T° W
	(L/s)	(mg/L)		(°c)
06:00	20,80	0,00	8,00	25,0
07:00	17,80			
08:00	32,70	0,44	8,00	25,0
09:00	36,30			
10:00	32,00	1,80	8,01	25,6
11:00	38,30			
12:00	28,80	2,28	7,72	25,2
13:00	34,30			
14:00	31,80	1,24	7,80	25,3
15:00	30,80			
16:00	33,50	1,52	7,71	25,7
17:00	27,00			
18:00	19,80	1,52	7,79	25,3
19:00	16,90			
20:00	29,00	1,20	7,72	24,5
21:00	36,00			
22:00	17,20	0,00	7,76	24,3
23:00	13,80			
00:00	6,90	0,00	7,66	24,3
01:00	5,35			
02:00	4,20	0,00	7,72	24,2
03:00	3,80			
04:00	4,40	0,44	7,75	24,0
05:00	7,77			

Fuente: GYR Ingeniería Ltda.

El objetivo de este procedimiento fue realizar una revisión previa de los resultados arrojados en campo; determinando errores sistemáticos y aleatorios durante la tomas de muestras. Igualmente fue fundamental llevar una base de datos de los diferentes resultados obtenidos, para su análisis posterior.


La tabla presenta información horaria de Caudal, Oxígeno Disuelto, pH y Temperatura del agua, para cada uno de los vertimientos monitoreados. En ella se puede apreciar el comportamiento de los parámetros a través de las distintas horas del día, condición que varía dependiendo de las características de cada descarga.

4.5.8 Diseño fichas técnicas de vertimientos y de corrientes receptoras. Con el propósito de dar cumplimiento a los términos de referencia estipulados por la empresa interventora y a su vez presentar los resultados obtenidos en el proyecto ejecutado, se diseñó la ficha técnica de vertimientos FTV-001 (Ver anexo B) y la ficha técnica de corrientes superficiales FTC-001 (Ver anexo C).

Estas fichas constan de tres partes: los aspectos generales del punto de muestreo, los datos obtenidos y el registro fotográfico.

La primera parte referencia algunos aspectos generales del punto de muestreo como: el nombre del vertimiento, la fuente receptora, ubicación geográfica, día y hora del muestreo, método de muestro utilizado. Seguidamente se consignan los resultados de los parámetros insitu como son los promedios del caudal (para el caso de los vertimientos) o el caudal puntual (fuentes hídricas), el promedio del oxígeno disuelto, temperatura máxima y mínima, pH mínimo y máximo. Finalmente se presenta información adicional al muestreo (Distancias, dimensiones y material de la tubería, observaciones generales). El diseño de esta ficha permite acceder de manera rápida a los aspectos más significativos de cada punto evaluado. (Ver Figura 17)

Figura 17. Aspectos generales ficha técnica de vertimientos

		G Y R INGENIERIA LTDA. DEPARTAMENTO DE PROYECTOS AMBIENTALES Y CIVILES FICHA TECNICA DE VERTIMIENTOS				Forma FTY- -- V. 1 Jul-08 Rev.:				
		FUENTE RECEPTORA SECUNDARIA A		PUNTO DE AFORO VERTIMIENTO A		METODO DE AFORO Volumetrico		COORDENADAS Norte XXX Este XXX Elevació XXX		
FECHA		HORA Inicial 06:00 Final 05:00				ECUACIÓN DEL MOLINETE				
PARÁMETROS IN SITU				LOCALIZACIÓN AL PUNTO DE MUESTREO (Fuentes)						
O.D (mg/L)	0,87	pH: 7,66	Temperatura Agua [°C]	Max. 25,7 Min. 24,0	DISTANCIA (m)	Águas arriba	Águas abajo			
CONDICIONES HIDRÁULICAS DEL VERTIMIENTO				GENERALIDADES DE LA ESTRUCTURA						
Q. promedio (L/s):	22,1	Q. día	30,3	Q. noche	13,8	DIMENSIÓN Ø (m)	Ancho	Alto (m)		
Velocidad media (mts):		Área sección (m²):				TIPO DE MATERIAL Concreto				
OBSERVACIONES GENERALES:						ESTADO DE LA ESTRUCTURA:				

Fuente: GYR Ingeniería Ltda.

La segunda parte de la ficha contempla de manera más detallada todos los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del punto de muestro. Los parámetros insitu están tabulados de manera horaria, tal como se realizaron las muestras y se registraron en los formatos de campo durante la caracterización. Para los demás parámetros, los resultados analizados en el laboratorio correspondientes a las muestras compuestas diurna y nocturna, se tabularon en una tabla que, adicionalmente calcula el promedio y las cargas contaminantes de los parámetros DBO₅ y SST; factores necesarios para el cálculo de tasas retributivas (ver tabla 8)

Tabla 8. Tabla parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

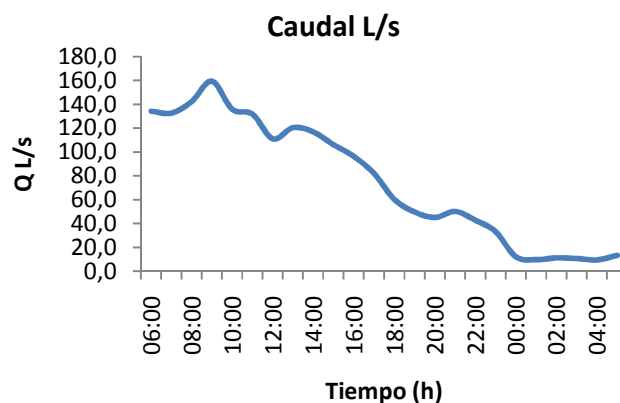
		DBO	DQO	SST	COLI. T.	COLI. F.	N-NH3	G&A	TENSOA.
Concentración (mg/L)	Día	513,0	864	93,2	456*106	672*105	64,4	26,5	3,28
	Noche	294,6	480	137	432*106	645*105	58,8	<11,0	1,24
	Promedio	444,8		106,9					
Carga (Kg/d)		836,2		200,9					

Fuente: GYR Ingeniería Ltda.

Complementariamente se incluyeron graficas de los comportamientos horarios de los parámetros insitu, con el fin de poder visualizar el comportamiento de cada vertimiento a través del tiempo.

Como ejemplo se presenta la grafica “caudal Vs tiempo” que ilustra el comportamiento hidráulico del colector evaluado; en las gráficas se aprecian los comportamientos típicos de las descargas de aguas residuales domésticas que por lo general presentan picos y descensos de caudal en horas claves del día. Estas variaciones dependen principalmente de las características del área aferente (Población, estrato social, actividad industrial, entre otros) que trata el colector, su distancia al punto final de descarga y el clima de la zona.

Figura 18. Grafica de Caudal Vs Tiempo.



Fuente: GYR Ingenieria Ltda.

Finalmente la ficha técnica de vertimientos y de corrientes superficiales posee un espacio donde se inserta el registro fotográfico de los muestreos como soporte de los mismos. Adicionalmente sirve de ayuda visual para la localización e identificación del punto de vertimiento. (Ver Figura 19).

Figura 19. Fotografías en la ficha técnica de vertimientos



Fuente: GYR Ingeniería Ltda.

4.6 CÁLCULO DE CARGAS CONTAMINANTES

Según el Decreto 3100 del 2003 expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial define cargas contaminantes como “Carga contaminante diaria (Cc). Es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de la sustancia contaminante, por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas, es decir:

$$Cc = Q \times C \times 0,0864 \times \left(\frac{t}{24}\right)$$

Donde:

Cc = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)

Q = Caudal promedio, en litros por segundo (l/s)

C = Concentración de la sustancia contaminante, en miligramos por litro (mg/l)

0.0864 = Factor de conversión de unidades

t = Tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día (h)

La carga contaminante es uno de los factores a tener en cuenta en el cálculo de la tasa retributiva, que es el valor que la autoridad ambiental cobra por la utilización directa del recurso como receptor de vertimientos puntuales y sus consecuencias nocivas, originados en actividades antrópicas o propiciadas por el hombre, actividades económicas o de servicios, sean o no lucrativas. La tarifa esta sujeta al valor que se cobra por kilogramo de contaminante vertido al recurso”.¹⁵

Cualquier factor externo como: lluvias, represamientos en las fuentes, obras civiles en las estructuras de vertimiento, en conclusión, cualquier actuación que afecte el caudal y concentración típica del vertimiento, es casual de alteración en el cálculo de la carga contaminante, razón por la cual, durante los monitoreos se evitó tomar muestras en el evento en que algunas de las circunstancias mencionadas se presentaran.

El cálculo de cargas contaminantes se le realizó a los parámetros DBO₅ y SST de todos los vertimientos evaluados, según lo exigido en el pliego de condiciones del contrato de consultoría celebrado.

¹⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3100 (30, octubre, 2003). Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones. Bogotá D. C.,: El Ministerio, 2003.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS A VERTIMIENTOS

A continuación se presenta una tabla con los resultados obtenidos en la caracterización de aguas residuales a los vertimientos evaluados durante el estudio y sus cargas contaminantes correspondientes.

Tabla 9. Resultados vertimientos caracterizados

SISTEMA	UBICACIÓN	CONCENTRACIONES					CARGA	
		Q (L/seg)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	OD (mg/l)	DQO (mg/L)	DBO Kg/día	SST Kg/día
FUENTE HIDRICA SECUNDARIA A	VERTIMIENTO 1	154,6	269,5	96,2	2,1	440,8	3599,8	1285,0
	VERTIMIENTO 2	10,9	289,7	87,5	2,5	462	272,8	82,4
	VERTIMIENTO 3	13,8	273,6	95,3	0,5	471,8	326,2	113,6
	VERTIMIENTO 4	12,6	228,6	117,7	1,2	366,6	248,9	128,1
	VERTIMIENTO 5	4,7	282,6	91,2	2,7	541,4	114,8	37,0
	VERTIMIENTO 6	22,1	444,8	106,9	0,9	744,1	849,3	204,1
	VERTIMIENTO 7	159,2	285,7	142,4	0,6	554,6	3929,8	1958,7
	VERTIMIENTO 8	12,5	389,6	262	1,9	708,3	420,8	283,0
	VERTIMIENTO 9	1,5	247,8	45	6,1	464,1	32,1	5,8
	VERTIMIENTO 10	53,6	381,5	118,1	0,9	704,7	1766,7	546,9
	PROMEDIO CONCENTRACIONES CAUDAL Y CARGAS TOTALES		445,5					11561,2
	VERTIMIENTO 11	75,7	476,0	224,7	0,0	837,7	3113,3	1469,6
	VERTIMIENTO 12	41,6	338,4	174,2	1,3	587,1	1216,3	626,1
	VERTIMIENTO 13	4,1	326,5	161,7	1,4	655,1	115,7	57,3
	VERTIMIENTO 14	9,3	299,0	161,5	1,1	622	240,3	129,8

Tabla 9. (Continuación)

FUENTE HIDRICA RECEPTORA PRINCIPAL	VERTIMIENTO 15	8	108,3	74,0	2,7	165,5	74,9	51,1
	VERTIMIENTO 16	469	398,1	97,1	3,9	837,6	16131,6	3934,6
	VERTIMIENTO 17	24,2	10,0	5,0	1,9	24,3	20,9	10,5
	VERTIMIENTO 18	72,4	153,5	13,1	3,4	299,3	960,2	81,9
	VERTIMIENTO 19	102,4	218,4	17,1	4,7	368,6	1932,3	151,3
	VERTIMIENTO 20	24,2	275,5	99,4	0,0	517,8	576,0	207,8
	VERTIMIENTO 21	2,3	360,5	159,3	0,2	721	71,6	31,7
	VERTIMIENTO 22	16,4	286,1	132,3	0,8	537,4	405,4	187,5
	PROMEDIO CONCENTRACIONES CAUDAL Y CARGAS TOTALES	849,6					24858,4	6939,3
FUENTE HIDRICA SECUNDARIA B	VERTIMIENTO 23	66,9	386,0	160,4	1	672	2231,1	927,1
	VERTIMIENTO 24	502,7	67,3	42,5	0	115,2	2923,1	1845,9
	VERTIMIENTO 25	14,7	407,7	234,2	1,7	787,2	517,8	297,5
	PROMEDIO CONCENTRACIONES CAUDAL Y CARGAS TOTALES	584,3					5672,0	3070,5
FUENTE HIDRICA SECUNDARIA C	VERTIMIENTO 26	6,7	96,5	108,4	1	181,6	55,9	62,8
	VERTIMIENTO 27	0,6	214,3	218,2	1,6	369	11,1	11,3
	VERTIMIENTO 28	1,0	125,2	148,7	4,3	204,8	10,8	12,8
	VERTIMIENTO 29	65,4	199,1	138,6	2,4	336,2	1125,0	783,2
	VERTIMIENTO 30	0,3	130,4	160,4	1	204,9	3,4	4,2
	VERTIMIENTO 31	0,3	32,0	33	1,1	72,2	0,8	0,9
	PROMEDIO CONCENTRACIONES CAUDAL Y CARGAS TOTALES	74,3					1207,0	145,8

Fuente: GYR Ingeniería Ltda.

En términos generales, el centro poblado descarga diariamente 168.799,6 (m³) metros cúbicos de agua residual al sistema de alcantarillado. Estas aguas contienen alrededor de 43.298,7 y 10.620,1 kilogramos de carga diaria en términos de DBO₅ y SST respectivamente, distribuidas en 31 puntos de vertimientos que descargan a cuatro fuentes hídricas receptoras localizadas en la zona. (Ver tabla 10)

Tabla 10. Caudal promedio y cargas contaminantes diarias

PARAMETRO	VALOR
CAUDAL PROMEDIO DIARIO TOTAL (m ³ /día)	168.799,6
Carga DBO ₅ TOTAL (Kg/día)	43.298,7
Carga SST TOTAL (Kg/día)	10.620,1

Fuente: Autor

Las aguas, objeto de estudio, son vertidas diariamente y transportadas por los distintos cuerpos hídricos receptores, desembocando en la fuente ***hídrica receptora principal***, tal como lo ilustra en la figura 15. Las aguas residuales es tal vez el aspecto ambiental más significativo que causa la degradación ambiental de estos ecosistemas hídricos.

Determinando la concentración promedio de DBO₅, SST Y DQO de los 31 vertimientos, se aprecia que los rangos de concentración de DBO₅, se encuentran entre 10 y 476 mg/L; lo que indica que el agua residual analizada es de tipo doméstico, no obstante, al sistema de alcantarillado del centro poblado, también vierten sus aguas diferentes tipos de industria, como se evidencia en el vertimiento denominado "16", que se encuentra localizado en una de las zonas industriales de la ciudad, y que su resultado arrojaron una concentración promedio de DQO en 837 mg/L, considerada alta, teniendo en cuenta que para aguas residuales domesticas se tiene como concentración de referencia de la DQO en 500 mg/L, según Romero Rojas .

Tabla 11. Concentraciones, máxima y mínima

CONCENTRACION (mg/L)	PARÁMETRO		
	DBO ₅	SST	DQO
Máxima	476	262	837,7
Mínima	10	5	24,3

Fuente: Autor.

En el caso particular del vertimiento denominado V8 localizado en la fuente Hídrica Receptora A, durante la jornada de muestreo, se registró un cambio en las características sensoriales en el agua residual; se tomó una muestra puntual del recurso arrojando los siguientes resultados que se confrontan con los de la caracterización del vertimiento (Tabla 12.)

Tabla 12. Resultados caracterización del vertimiento V8.

MUESTRA PUNTUAL		
DBO 4410 mg/L	DQO 8620 mg/L	SST 111 mg/L
MUESTRA COMPUESTA		
DBO 389 mg/L	DQO 708 mg/L	SST 262 mg/L

Fuente: Autor.

El aumento precipitado de dichos parámetros de la muestra puntual con respecto al resultado de la caracterización realizada al vertimiento V8, indica un cambio drástico en las características fisicoquímicas del agua residual analizada, provocado por un cambio en la composición del residuo recolectado.

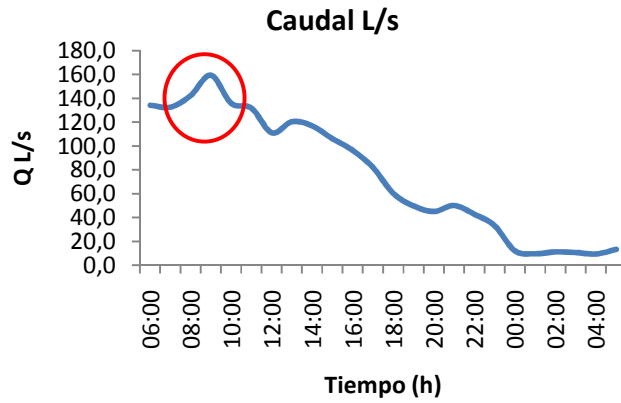
Los valores de la muestra puntual sobrepasan los valores típicos del agua residual doméstica (220mg/L DBO₅, 220 mg/L SST, 500 mg/L DQO) de conformidad con lo indicado por Romero Rojas en su obra "Tratamiento de aguas residuales", demostrando que la descarga proviene de una fuente industrial, y que los valores referenciados se ajustan a las características típicas del agua residual industrial.

En tratándose de aguas residuales, las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua tienden a un valor relativamente bajo; variación que depende de las características de cada vertimiento como son: la estructura civil del vertimiento, la concentración de materia orgánica y la distancia del área aferente al punto final de descarga, entre otros.

Los casos donde el agua residual poseía alta carga contaminante y se transportaba en ambientes donde no era favorable la oxigenación de la misma, como en un colector de alcantarillado convencional, se registraron las concentraciones de oxígeno disuelto más bajas.

En relación con los caudales de los vertimientos, se aprecia en la gráfica de caudal A, un pico de caudal en horas de la mañana (9:00 A.M.) y una tendencia a la baja en el resto del día. Este caso se presentó generalmente en sectores donde se desarrollan actividades comerciales (talleres de mecánica, pequeñas industrias, areneros) mezclados con barrios de estrato socioeconómico bajo.

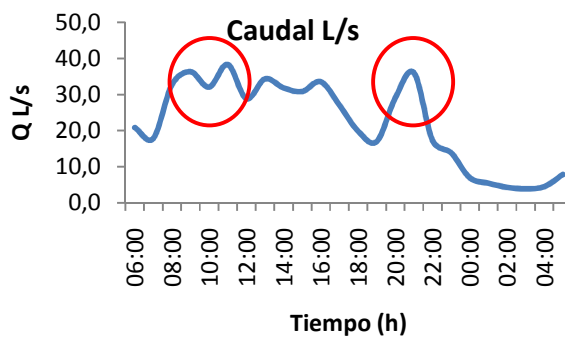
Figura 20. Grafica de caudal A



Fuente: Autor.

Caso diferente se aprecia en el gráfico de caudal B, donde se forman tres picos de caudal durante el día, el primer pico se presenta a tempranas horas de la mañana, seguido de otro ascenso en horas del mediodía, y el tercer pico se aparece en horas de la noche. Esta muestra se tomó en un barrio de estrato socioeconómico medio-alto.

Figura 21. Grafica de caudal B



Fuente: Autor.

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA FUENTE HÍDRICA RECEPTORA PRINCIPAL

Se analiza teniendo en cuenta el comportamiento según el caudal y según los parámetros fisicoquímicos DBO_5 y OD.

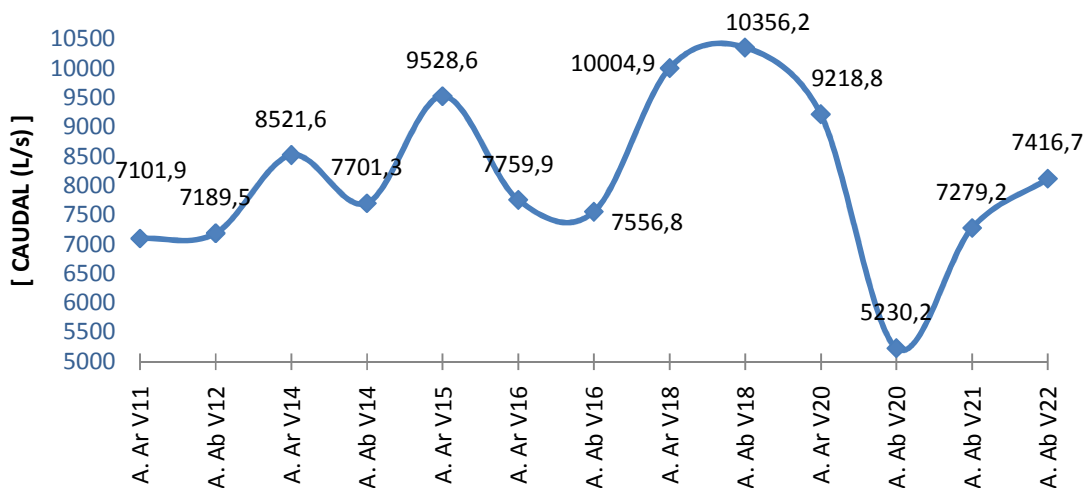
5.2.1 Comportamiento según el Caudal. A continuación se presenta un gráfico (Figura 22.) que representa los resultados de los caudales obtenidos al aforar en los puntos ubicados aguas arriba (A. Ar) y aguas abajo (A. Ab) de los distintos vertimientos localizados a través de la ***Fuente hídrica receptora principal***.

Dichos puntos de aforo se tomaron a una distancia aproximada de 100 metros al vertimiento de aguas residuales referenciado, con el fin de que exista una correcta dispersión de la descarga en el afluente de la fuente.

Para una correcta interpretación del gráfico, es necesario advertir, que las distancias entre los puntos de vertimiento son variables, y los aforos se realizaron en una jornada de doce horas; desde las 6:00 hasta las 18:00.

La razón por la cual en la gráfica no se aprecia un acenso gradual del caudal, se debe a que las corrientes hídricas son sistemas dinámicos, por lo que su caudal varía a través del tiempo; los ascensos y descensos en el caudal de los vertimientos que descargan en la fuente, lluvias localizadas en la área de influencia de la cuenca hidrográfica, entre otros, afectan el comportamiento del caudal de la fuente.

Figura 22. Perfil de caudal de la fuente hídrica receptora principal



Fuente: Autor.

El primer caudal que se registró en la fuente hídrica receptora principal tras su paso por el centro poblado (aguas arriba del vertimiento 11) fue aproximado a los $7,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Seguidamente se registra una tendencia de acenso del caudal hasta el punto localizado aguas abajo del vertimiento 18, donde se registro el caudal máximo en la fuente estudiada (Tabla 13). A partir del vertimiento 18 se aprecia un rápido descenso del caudal que finaliza en el punto localizado aguas abajo del vertimiento 20; comportamiento causado posiblemente por lluvias localizadas en áreas que no precisamente estaban sobre la fuente, pero sí en zonas de influencia a ella, como por ejemplo, el nacimiento de la corriente estudiada. Finalmente, aguas abajo del vertimiento 22, último punto de aforo, se midió un caudal aproximado de $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

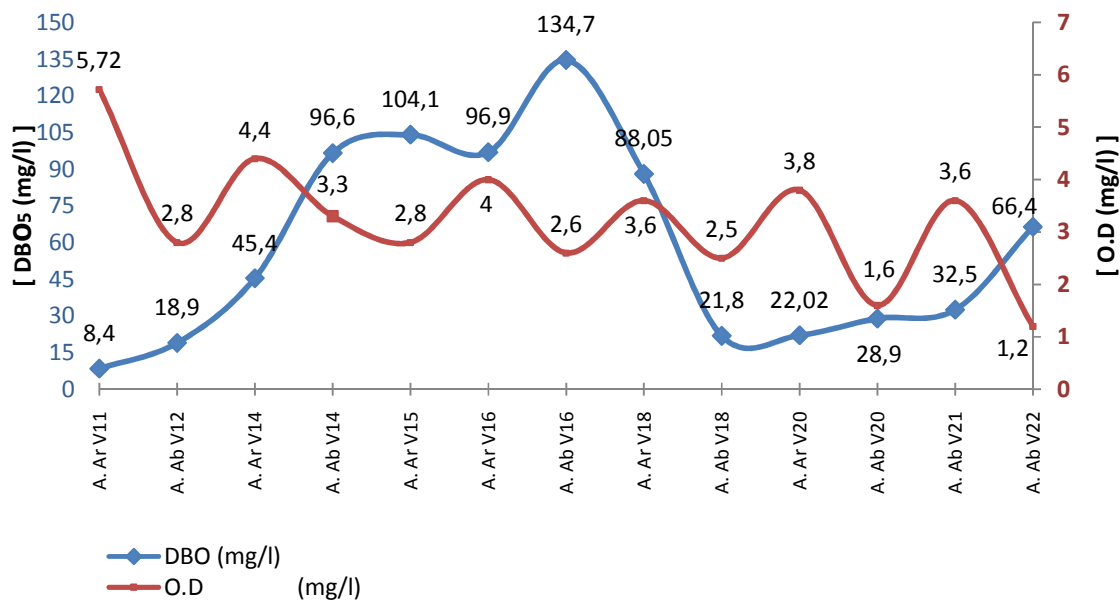
Tabla 13. Valor máximo y mínimo de caudal en la fuente hídrica receptora principal.

CAUDAL (L/S)	VALOR	HORA DE AFORO
MINIMO	5230,2	17:00
MAXIMO	10356,2	15:00

Fuente: Autor.

5.2.2 Comportamiento en términos de concentración de DBO₅ y OD. En la siguiente gráfica se presentan los resultados y la confrontación existente entre las concentraciones de la DBO₅ y el OD respecto a la corriente hídrica (Figura 23).

Figura 23. Perfil fuente hídrica receptora principal DBO₅ Y O.D



Fuente: Autor.

En esta figura se observa que en el primer punto de muestreo la fuente hídrica receptora presenta un buen estado de calidad, debido a que las concentraciones obtenidas de 8,4 mg/L y 5,7 mg/L en términos de DBO₅ y OD respectivamente están dentro de los lineamientos establecidos en el documento “Implementación de Tasa Retributiva en la jurisdicción de la CDMB conforme al decreto 3100 de 2.003”, expedido por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, en el cual definió los objetivos de calidad del recurso hídrico.

A medida que la fuente hídrica pasa a través del centro poblado vertiendo aguas residuales de tipo domésticas e industriales, el estado de calidad de la fuente cambia visiblemente hasta llegar a su punto mas crítico en el vertimiento V16, presentando concentraciones de 134 mg/L DBO₅ y 2,6 mg/L OD; lo que indica deterioro ambiental. Seguidamente el comportamiento de la fuente registra un

descenso precipitado en la concentración de DBO₅, este comportamiento está asociado con el ascenso del caudal en la fuente, probablemente causado por un fenómeno de dilución. Finalmente, en el último punto evaluado (aguas abajo del V22, antes de su confluencia con la *fente hídrica secundaria c*), se observa un registro de DBO₅ de 66,4 mg/L y un Oxígeno Disuelto 1,2 mg/L; valores estos, que de conformidad con los establecidos por la CDMB en la definición de los objetivos de calidad del recurso hídrico en el documento antes referenciado, están por fuera de los niveles deseados en términos de calidad para esta fuente hídrica superficial, demostrando un alto grado de polución.

6. CONCLUSIONES

Se identificaron treinta y un Puntos de descarga distribuidos en cuatro fuentes hídricas receptoras en el centro poblado; siendo la fuente hídrica receptora principal el medio transporte de agua residual final, transportando las aguas servidas de las otras tres corrientes hídricas fuera del área de la ciudad.

El proyecto caracterizó el comportamiento hidráulico y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los vertimientos de aguas residuales domésticas y fuentes hídricas receptoras, objeto de estudio, creando una herramienta útil para el diagnóstico del estado actual en términos de calidad, del sistema de los vertimientos de las aguas residuales en la ciudad, en la medida en que se creó una base de datos con información técnica, necesaria para implementar acciones de control, prevención, mitigación y corrección de vertimientos de aguas residuales y manejo de la polución en fuentes hídricas.

El estudio realizado calculó la proyección de carga contaminante a partir de las características fisicoquímicas de los vertimientos caracterizados en el centro poblado. Al respecto puede concluirse que se vierte 168.799 m³/día de agua residual con una carga aproximada de 43.866 kg/día de DBO₅ y 15.783 kg/día SST a las distintas fuentes hídricas localizadas en la zona, siendo las aguas residuales el aspecto significativo de contaminación hídrica del recurso.

Según el análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos realizados a la fuente hídrica receptora principal, la DBO₅ se mantuvo entre los rangos 8 mg/L y 134 mg/L, sobrepasando en varios puntos de monitoreo la concentración límite (debajo de los 50mg/L DBO₅) decretada por la autoridad ambiental para esta fuente, evidenciando que esta corriente hídrica no puede asimilar de manera adecuada, la carga contaminante servida sobre ella.

Es evidente que en algunos vertimientos puntuales del centro poblado, se están descargando aguas residuales con características químicas distintas a las reseñadas como aguas residuales domésticas, tal como se constató durante el estudio al analizarse algunas muestras puntuales a los vertimientos, que arrojaron como resultado, concentraciones en términos de DQO, DBO₅ y SST típicas del agua residual industrial.

7. RECOMENDACIONES

A partir del estudio realizado, mantener actualizada la información sobre los vertimientos de aguas residuales y sus fuentes transportadoras, con el fin de que las autoridades o personas competentes puedan tomar las medidas necesarias y legales para el control y manejo de los vertimientos que se hacen en las fuentes hídricas.

Para que la fuente hídrica receptora principal esté dentro de los parámetros legales de calidad, se recomienda la construcción de un emisario final que intercepte los vertimientos de aguas residuales y sean posteriormente tratados en una planta de aguas residuales.

A los entes gubernamentales se recomienda dar información y educación a la población cercana a las fuentes hídricas, para el manejo del recurso, evitando así perjuicios mayores en su salud como también al ecosistema.

A la facultad de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana, se recomienda incrementar la práctica en el manejo de equipos de medición de caudal y en la planeación y ejecución de muestreos y vertimientos de fuentes hídricas.

A GYR Ingeniería Ltda con el fin de reducir los tiempos de planificación y mejorar el rendimiento en los proyectos que realice la empresa, sería conveniente la elaboración de un manual que contenga procesos y procedimientos técnicos requeridos para la ejecución de sus actividades.

BIBLIOGRAFIA

ROMERO ROJAS. Jairo. Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000. Sección II, Título E. Tratamiento de Aguas residuales, 2000.

ROMERO ROJAS. Jairo. Calidad del Agua. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3100 (30, octubre, 2003). Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones. Bogotá D. C.,: El Ministerio, 2003.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1433 (27, diciembre, 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. Bogotá D. C.,: El Ministerio, 2004.

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Decreto 1594 (26, junio, 1984). usos del agua y residuos líquidos. Bogotá D. C.,: El Ministerio, 1984.

APHA, AWWA, WPCF. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Madrid: Díaz de Santos. 1992.

ANEXOS

ANEXO A

Parámetros establecidos para el estudio de aguas residuales

TABLA NORMATIVA DE VERTIMIENTOS	
NORMA	PARAMETROS
<p style="text-align: center;">CONSULTORIA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS DE ENTREGA, LOS PUNTOS DE VERTIMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y SUS FUENTES DE AGUA RECEPTORAS, EN LOS MUNICIPIOS DE BUCARAMANGA, FLORIDABLANCA Y GIRON (PLIEGO DE CONDICIONES)</p>	<p>INSITU</p> <ul style="list-style-type: none"> -CAUDAL -OD -PH -TEMPERATURA AGUA -TEMPERATURA AMBIENTE
	<p>TRABAJO DE LABORATORIO</p> <ul style="list-style-type: none"> -DBO₅ -DQO -SST -COLIFORMES FECALES -COLIFORMES TOTALES <p style="text-align: center;"><i>SOLO A 28 PUNTOS (VERTIMIENTO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -GRASAS Y ACEITES -NITROGENO TOTAL KJELDAHL -TENSOACTIVOS
<p>RESOLUCION 1433 DE 2004 (Art 6)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -DBO₅ -DQO -SST -COLIFORMES FECALES -OXIGENO DISUELTO -PH
<p>DECRETO 3100 DE 2003 (Art 25)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -DBO₅ -DQO -SST -COLIFORMES FECALES -OXIGENO DISUELTO -PH

DECRETO 1594 DE 1984 (Arts 72,73)	CUERPO DE AGUA	
	PH	5 A 9 Unidades
	TEMPERATURA	< 40°C
	MATERIA FLOTANTE	Ausente
	GRASAS Y ACEITES	Remoción > 80% en carga
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	Remoción > 80% en carga
	DBO ₅	Remoción > 80% en carga
	VERTIMIENTO ALCANTARILLADO PUBLICO	
	PH	5 A 9 Unidades
	TEMPERATURA	< 40°C
	Ácidos, bases o soluciones ácidas o básicas que puedan causar contaminación; sustancias explosivas o inflamables.	Ausentes
	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	10 ml/l
SUSTANCIAS SOLUBLES EN HEXANO	100 ml/l	
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	Remoción > 80% en carga	
DBO ₅	Remoción > 80% en	

	CAUDAL MAXIMO	carga Promedio Horario
--	---------------	---------------------------

ANEXO B

Ficha técnica vertimientos

ANEXO C

Ficha técnica de corrientes superficiales.

