

MODALIDAD: TRABAJO DE APLICACIÓN INGENIERÍA CIVIL

**IMPACTO AMBIENTAL DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL
SECTOR “EL BRILLANTE”, MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO, META**



Por:

**Adrián Mateo Pabon Laverde
Jassbleidy Valentina Trujillo Arias**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2019**

**IMPACTO AMBIENTAL DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL
SECTOR “EL BRILLANTE”, MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO, META**



Por:
Adrián Mateo Pabón Laverde
Jassbleydi Valentina Trujillo Arias

Anteproyecto presentado como opción de grado para optar al título profesional de
Ingeniero Civil

Aprobado por:
Ing. Álvaro Javier Moyano
Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2019

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
3.	JUSTIFICACIÓN	5
4.	OBJETIVOS	6
4.1.	OBJETIVO GENERAL	6
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
5.	ALCANCE	7
6.	MARCO DE REFERENCIA	8
6.1.	MARCO TEÓRICO.....	8
6.1.1.	CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	8
6.1.2.	IMPACTO AMBIENTAL	10
6.1.3.	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS 11	
6.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	13
6.3.	ESTADO DEL ARTE	14
6.4.	MARCO NORMATIVO	16
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO	16
7.	METODOLOGÍA	18
7.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	18
7.2.	TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL Y SUELO	20
7.3.	DETERMINACIÓN DE CARBONO TOTAL	22
7.4.	DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA.....	23
7.5.	DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO ORGÁNICO.....	23
7.6.	DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	23
7.7.	ALTERNATIVAS DE GESTIÓN Y/O ESTRUCTURALES PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	24
7.8.	SOCIALIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS Y PROPUESTAS DESARROLLADAS.....	24
8.	RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS	25
8.1.	RESULTADOS ESPERADOS	25
8.2.	IMPACTOS	26
9.	CRONOGRAMA.....	27
10.	PRESUPUESTO	29
11.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
11.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	30
11.2.	DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE MUESTREO Y DESARROLLO ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA Y SUELOS	45
11.3.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SUELO EN EL ASENTAMIENTO URBANO EL BRILLANTE	48

11.4.	IMPLEMENTAR UNA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO “EL BRILLANTE”	54
11.5.	ALTERNATIVAS Y SOLUCIONES PARA LA REDUCCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ZONA DE ESTUDIO.	61
11.6.	SOCIALIZACIÓN DE LA ALTERNATIVAS A LA COMUNIDAD BENEFICIADA	66
12.	BIBLIOGRAFÍA	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 6-1. Grupos de parámetros controlados por la red COCA.....	8
Tabla 6-2. Parámetros mínimos que deben medirse para cada nivel de complejidad	9
Tabla 6-3. Aportes per cápita para aguas residuales domésticas	10
Tabla 6-4. Impactos ambientales potenciales por el vertimiento.	10
Tabla 6-5. Caracterización elementos ambientales y medios Matriz Leopold.	11
Tabla 6-6. Sistema de componentes ambientales Battelle-Columbus.....	11
Tabla 6-7. Parámetros de diseño, según RAS decreto 0330/2017.....	12
Tabla 6-8. Capacidades de retención de grasa.....	12
Tabla 6-9. Tiempos de retención hidráulicos.....	12
Tabla 6-10. Valores de profundidad útil	13
Tabla 6-11. Marco normativo	16
Tabla 7-1. Descripción de los parámetros.....	19
Tabla 7-2. Encuesta para la comunidad.....	20
Tabla 7-3. Programa de monitoreo para calidad de agua.	21
Tabla 8-1. Tabla de resultados	25
Tabla 8-2. Tabla de impactos	26
Tabla 9-1. Cronograma de actividades.	27
Tabla 10-1. Presupuesto.....	29
Tabla 11-1. Temperatura y precipitación de Municipio de Villavicencio.....	30
Tabla 11-2. Fauna de la región Orinoquia.....	32
Tabla 11-3. Flora de la región Orinoquia.....	35
Tabla 11-4. Coordenadas puntos de muestreo de aguas	45
Tabla 11-5. Coordenadas puntos de muestreo de suelos.....	47
Tabla 11-6. Valores de los parámetros fisicoquímicos.	48
Tabla 11-7. Resumen de datos.....	51
Tabla 11-8. Discusión de impactos según matriz de calificación.....	54
Tabla 11-9. Registro fotográfico.....	60

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 6-1. Mapa del barrio "El brillante"	17
Ilustración 6-2. Mapa de Villavicencio	17
Ilustración 11-1. Oso hormiguero	32
Ilustración 11-2. Mojarra de río	32
Ilustración 11-3. Chigüiro	33
Ilustración 11-4. Corocora.....	33
Ilustración 11-5. Caimán del Orinoco	33
Ilustración 11-6. Guacamaya (Ara macao).....	34
Ilustración 11-7. Cebus apella	34
Ilustración 11-8. Duroia hirsuta	35
Ilustración 11-9. Helicteres guazumifolia.....	35
Ilustración 11-10. Inga edulis	35
Ilustración 11-11. Ludwigia inclinata	36
Ilustración 11-12. Bellucia grossularioides	36
Ilustración 11-13. Sauvagesia erecta.	36
Ilustración 11-14. Burmannia bicolor.....	36
Ilustración 11-15. Pregunta 1	37
Ilustración 11-16. Pregunta 2	38
Ilustración 11-17. Pregunta 3.....	38
Ilustración 11-18. Pregunta 4	39
Ilustración 11-19. Pregunta 5	40
Ilustración 11-20. Pregunta 6	40
Ilustración 11-21. Pregunta 7	41
Ilustración 11-22. Pregunta 8	41
Ilustración 11-23. Pregunta 10	42
Ilustración 11-24. Pregunta 11	42
Ilustración 11-25. Pregunta 14	43
Ilustración 11-26. Pregunta 16	44
Ilustración 11-27. Puntos de muestreo de ARD	45
Ilustración 11-28. Puntos de muestreo de suelo	47
Ilustración 11-29. Estancamiento de ARD	60
Ilustración 11-30. Vertimiento de ARD en zonas comunes	60
Ilustración 11-31. Vertimiento directo de ARD	60
Ilustración 11-32. Punto de vertimiento directo de ARD	60
Ilustración 11-33. Trampa de grasas, vista en perfil.....	61
Ilustración 11-34. Trampa de grasas, vista en planta.....	62
Ilustración 11-35. Cámara 1; tanque de lodos, vista en perfil.	62
Ilustración 11-36. Cámara 2; tanque sedimentador o filtro final, vista en planta.	63
Ilustración 11-37. Perfil transversal del filtro francés.	63
Ilustración 11-38. Inspección de pozo séptico.....	65
Ilustración 11-39. Determinación de espesor de zona de lodos.	65
Ilustración 11-40. Socialización del proyecto a la comunidad.	66

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 7-1. Tamaño de muestra	21
Ecuación 7-2. Humedad	22
Ecuación 7-3. Porcentaje de carbono orgánico.....	22
Ecuación 7-4. Determinación de concentración	23

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 11-1.Valores de pH según la muestra.	49
Grafica 11-2. Conductividad según resultado de la muestra.	50
Grafica 11-3. Color y turbiedad según resultado del muestreo.	50
Grafica 11-4. Temperatura según cada muestreo.....	51
Grafica 11-5. % Materia orgánica	52
Grafica 11-6. Carbonos	53
Grafica 11-7. Contenido de nitrógeno	53

1. INTRODUCCIÓN

El barrio “El Brillante” se encuentra ubicado en la comuna 5 del municipio de Villavicencio, Meta. Inició su conformación a mediados del año 2013 y ha sido un sector de gran expansión predial, ya que, cuenta con grandes terrenos baldíos que eran parte de una zona denominada fondo ganadero, muchos de estos predios se han habitado de manera ilegal y otros están en el proceso de legalización. Debido al bajo control de construcciones muchas personas se han establecido en estos terrenos, encontrando en su mayoría comunidades vulnerables, de escasos recursos y/o que se encuentran en estado de desplazamiento por el conflicto armado. Otra parte de la comunidad ha invadido estas zonas para su beneficio propio. [1]

En el transcurso de los años se ha visto reflejado su gran crecimiento poblacional, sin embargo, este desarrollo no ha sido planificado, lo que ha generado que el barrio tenga baja o nula cobertura en el acceso a los servicios públicos básicos que debe tener una comunidad. Debido a esto, la Alcaldía municipal de Villavicencio y las empresas prestadoras de servicios como lo son EMSA, Bioagropecuaria y EDESA ha ido proporcionándoles los recursos suministro de luz, recolección de basuras, y redes de acueducto, terminando su construcción en agosto del 2018. No obstante, “El Brillante” no cuenta actualmente con el servicio de alcantarillado y malla vial pavimentada, lo que podría ocasionar problemáticas a la comunidad como ejemplo enfermedades, contaminación e insalubridad. [1]

En este sentido, la falta de redes o canales de alcantarillado no permiten el transporte de las aguas residuales domésticas generadas en el barrio; lo cual ha llevado a soluciones como la implementación de pozos sépticos y en otros casos el vertimiento directo a zonas aledañas. Siendo esto una problemática considerable de tipo social, sanitario y ambiental.

Las aguas residuales domiciliarias (ARD) son las procedentes de las descargas de los retretes, servicios sanitarios, sistemas de limpieza personal, áreas de cocinas y lavado de elementos de higiene. El vertimiento de estas aguas residuales debe tener ciertos criterios de vertimiento y el cumplir con los parámetros establecidos por la normas y legislaciones que establece el gobierno en la resolución 631 del 2015 (vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y alcantarillado público) y la resolución 0883 del 2018 (Vertimiento en cuerpos de aguas marinas y emisarios submarinos).

Estas normativas ayudan a establecer límites máximos en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad de agua, como el pH que mide la acidez o alcalinidad con la que contaría el fluido y otro de estos parámetros. Según la resolución 631 del 2015 estas características del agua pueden variar según la

actividad, siendo las principales de tipo industriales, comerciales o domiciliarias que realicen vertimientos puntuales de aguas residuales a un cuerpo de agua superficial o a los sistemas de alcantarillado públicos.

Los pozos sépticos son una opción de recolección y almacenamiento de las ARD, siendo utilizada en algunos casos como tratamiento primario, que cumplen el objetivo de acumulación de sólidos y parte de la materia orgánica presente en las ARD, lo cual puede prevenir la contaminación de fuentes hídricas y el ambiente, así de tal manera evitar las enfermedades asociadas. En este caso en particular, dichas estructuras son muy utilizadas en las viviendas del barrio “El Brillante”, sin embargo, la mayoría de los pozos no tienen un adecuado diseño, construcción y operación, al ser construidas de forma artesanal, podría (unido al vertimiento directo) impactar la calidad del río Ocoa, que esta adyacente al barrio, pudiendo generar impactos negativos.

Además, la implementación de los pozos sépticos genera algunas problemáticas; como la presencia de insectos, difusión de olores desagradables, taponamiento en los drenajes, entre otros, a causa de la mala limpieza y no drenar convenientemente los lodos y líquidos que se encuentran allí, lo que puede provocar el colapso de estos sistemas y la necesidad de recurrir inmediatamente al vaciado de los pozos. Por lo general se debe realizar un vaciado periódico del 80% de la totalidad de lodos que contenga el pozo séptico, es un proceso riesgoso, que debe contar con todos los parámetros y medidas de protección adecuadas.

El objetivo principal de este estudio es evaluar el impacto ambiental generado por el vertimiento de aguas residuales domesticas en el barrio en mención mediante el análisis de calidad del agua y proponer diseños de obras hidráulicas que permitan dar solución a esta problemática en el barrio “El Brillante”.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento de los municipios debe asegurar la calidad de vida de sus habitantes y salvaguardar su salud, por lo cual debe ir acompañado del adecuado acceso a los servicios de agua potable, luz eléctrica, vías en buen estado, recolección de basuras y disposición de aguas residuales (alcantarillado), elementos de vital importancia para el desarrollo de la vida de las personas que residan en cualquier comunidad. [2]

A mediados del 2013 un grupo de personas se asentaron en el sector denominada como “Fondo Ganadero”, al lado del barrio “San Antonio” de la Comuna 5 en el municipio de Villavicencio, Meta. Con el transcurso de los años se incrementó la construcción de viviendas y con ello la población que allí reside.

Primero se realizaron conexiones ilegales del servicio eléctrico, perforaciones profundas para recolección de aguas y pozos sépticos para el vertimiento de ARD; de esta forma subsanaron las necesidades básicas que tenían los habitantes. A pesar de ello, el barrio “el Brillante”, se encuentra dentro del perímetro del casco urbano, es por esto, que la comunidad ha hecho todos los esfuerzos posibles por legalizar los predios en los que se encuentran, ya sea por medio de tiempo de ocupación o escrituras prediales.

Es una lucha constante por definir quién es el dueño de los predios y que acción debería tomar la alcaldía municipal de Villavicencio con respecto al tema. Se debe tener en cuenta que los entes gubernamentales no estuvieron al pendiente del control y vigilancia sobre las construcciones en estos terrenos; lo cual generó un crecimiento poblacional desorganizado en el sector.

La alcaldía municipal se ha comprometido a monitorear que las entidades prestadoras de servicios públicos se hagan presente en la zona para disponer de los servicios que “El Brillante” requiera, según los parámetros y normatividades. [1]

La comunidad ya cuenta con redes eléctricas que instalo EMSA, y en agosto del año 2018 se terminó la construcción del acueducto del barrio “El Brillante”, en el cual se llevó *“El proceso de socialización que demandó varias semanas de diálogo y concertación con los habitantes del lugar, quienes accedieron a la convocatoria del Gobierno ‘Unidos Podemos’ y las familias beneficiadas acordaron aportar cerca de 14.000 metros de tubería en PVC de tres pulgadas, mientras la empresa facilitó los trabajos de distribución e instalación de las redes con sus accesorios, cajillas y equipos de medición respectivos”*, sostuvo la funcionaria Diana Milet Guevara, gerente de Control de Pérdidas de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV). Por su parte, la empresa BIOAGRICOLA ya se encuentra realizando la respectiva recolección de basura.

Los habitantes de esta zona ya cuentan con la gran mayoría de servicios públicos, sin embargo, el servicio de alcantarillado no se encuentra entre estos, de tal forma que las viviendas vierten las aguas residuales domesticas en pozos sépticos, y en otros casos directamente al cauce del rio Ocoa. Siendo esta una problemática tanto ambiental como de salubridad, por lo que se hace significativo saber ¿cómo el vertimiento de aguas residuales domesticas tendría un impacto ambiental en la comunidad del barrio “El Brillante” ?, afectando así su salud y calidad de vida.

3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como fin el estudio del impacto ambiental que genera el vertimiento de aguas residuales en dos zonas de estudios, donde la primera zona se vierte las ARD en pozos sépticos artesanales y en la segunda zona hay vertimiento directo de ARD en el río Ocoa, causando contaminación en el aire y en el suelo, produciendo malos olores, taponamiento de tuberías, enfermedades respiratorias, diarreicas, epidemias que afectan a los habitantes de la comunidad del barrio “el Brillante”. Serían alrededor de 250 familias las que pueden estar siendo afectadas por este mal vertimiento de aguas residuales. [1]

En este orden de ideas, es evidente la realización de este tipo de estudios para la estimación de la calidad o estado ambiental en esta zona, que permita la generación de propuestas que traigan beneficios ambientales e impactos sociales y económicos.

Para tratar de solucionar la problemática que se presenta en esta comunidad, se realizarán diferentes análisis de calidad del agua, analizando los principales parámetros físicos, químicos y biológicos, para establecer la manera más adecuada del manejo del agua. Para lo anterior, se cuenta con el laboratorio de tratamiento de aguas de la Universidad Santo Tomas Villavicencio. Esta información permitirá diseñar alternativas de obras hidráulicas para la reducción del impacto ambiental en la zona de estudio.

Se han presentado diferentes problemáticas similares en otras ciudades y países, lo que permite comparar los parámetros diferentes parámetros analizados, y metodologías para determinación de la problemática generada por el vertimiento de las aguas residuales. Uno de estos, es el estudio desarrollado por Ferdinand Quiñones, PE; en el Impacto Ambiental de Pozos Sépticos en Puerto Rico y su Diseño y Control. [3]

Al ser este un sector de gran crecimiento poblacional y que no cuenta con un sistema de alcantarillado, es fundamental realizar un estudio de impacto ambiental para conocer el daño que se está generando en el ambiente y la comunidad del “El brillante”.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto ambiental asociado al vertimiento de aguas residuales en el barrio “El Brillante” del municipio de Villavicencio, Meta.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las características ambientales, sociales y económicas de la zona de estudio.
- Determinar las áreas de muestreo y desarrollar análisis de calidad de agua y suelos
- Implementar una metodología para el cálculo del impacto ambiental asociado al vertimiento de aguas residuales en el barrio “el Brillante”.
- Proponer alternativas, estrategias y/u obras hidráulicas para la reducción del impacto ambiental en la zona de estudio.
- Socializar los resultados obtenidos de los estudios con la comunidad del barrio “el Brillante”

5. ALCANCE

El principal alcance que se pretende cumplir con este proyecto es evaluar el impacto ambiental asociado al vertimiento de aguas residuales en el sector “El Brillante” del municipio de Villavicencio, Meta, en vista que es una problemática ambiental y de salubridad la que se está tratando. La comunidad del barrio “El Brillante” cuenta con alrededor de 250 familias según la alcaldía municipal de Villavicencio, que están distribuidas en un total de 2344 lotes según el levantamiento topográfico que realizó la alcaldía. [4]

Se tendrá en cuenta las características sociales, económicas y ambientales de la zona de estudio, para determinar y clasificar las áreas de donde se harán las recolecciones de muestras, con el fin de conocer la calidad de agua y sus propiedades microbiológicas y químicas que podrían estar afectando a la salud de la comunidad.

Existen dos tipos de vertimientos ARD que son de gran relevancia en este estudio, el primero en pozos sépticos (análisis de la eficiencia de este sistema) y el segundo vertimiento directo (puntual) de ARD en el cuerpo hídrico del río Ocoa. Es por esta razón que se estimará el impacto ambiental por dichos vertimientos en la zona adyacente al río y la zona central del barrio el brillante.

Una vez conociendo el tamaño del impacto se realizarán estrategias de manejo y diseños de obras hidráulicas que minimicen esta problemática que tanto aqueja a la comunidad. Teniendo en cuenta todos sus aspectos socioeconómicos que influyan en el desarrollo de esta.

Todos estos estudios podrían culminar con los siguientes entregables:

- Clasificación de calidad de agua
- Análisis detallado de la calidad de agua residual
- Alternativas y/o estrategias para minimizar el impacto ambiental
- Diseño de obras hidráulicas para el tratamiento de aguas residuales
- Estudios y ensayos de laboratorio

Por último, se socializará los resultados obtenidos y alternativas que ayuden a la comunidad el barrio el brillante a darle pronta solución o estrategia para reducir la contaminación que estos vertimientos de ARD ocasionan.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

En el desarrollo humano es fundamental evaluar el impacto ambiental de los vertimientos de ARD, en el cual toma relevancia la calidad de vida que influye en las personas para que no recurran consecuente a los centros de salud, y en el sector productivo tendrá un impacto económico más eficiente en el desarrollo de una comunidad. De manera que, las acciones más concurrentes en los problemas ambientales son por las actividades de los humanos. [2]

En los sistemas de tratamiento de ARD debe cumplir con los requisitos mínimos establecidos por el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000, expuest en el título E tratamiento de aguas residuales.

6.1.1. CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

En el análisis de la calidad del agua, la toma de muestras es una fase fundamental que se debe considerar previo a la evaluación, que servirán para los estudios y ensayos pertinentes en el laboratorio. Este análisis del agua permite conocer los agentes contaminantes, mediante muestras para establecer los parámetros importantes, como el OD, temperatura, pH, alcalinidad, acidez, entre otros.

Según el reglamento básico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS - 2000 título E tratamiento de aguas residuales establece los parámetros mínimos de calidad del agua que deben medirse:

Tabla 6-1. Grupos de parámetros controlados por la red COCA

Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Caudal	Solidos disueltos	Sílice	Arsénico
Temperatura	Cloruros	Grasas	Cobre
Oxígeno disuelto	Sulfatos	Cianuros	Hierro
Sólidos en suspensión	Calcio	Fenoles	Manganeso
PH	Magnesio	Fluoruros	Plomo
Conductividad	Sodio	Cadmio	Zinc
DQO al permanganato	Potasio	Cromo hexavalente	Antimonio
Coliformes totales	Fosfatos	Mercurio	Níquel
	Nitratos		Selenio
	Nitritos		
	Amoniaco		
	Carbonatos		
	Bicarbonatos		
	Detergentes		

Fuente: libro del agua en España

En el proyecto ya descrito, se procederá a estudiar los parámetros del grupo (A) al cual se refiere la red COCA (Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente, por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Agua), por motivos de presupuesto y disponibilidad.

Tabla 6-2. Parámetros mínimos que deben medirse para cada nivel de complejidad

Parámetro	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Oxígeno disuelto	X	X	X	X
Dbo5				
Soluble	X	X	X	X
Total	X	X	X	X
SS				
SST	X	X	X	X
SSV	X	X	X	X
Nitrógeno				
Total	X	X		
Orgánico				X
Soluble				X
Particulado				
Amoniacal				X
Soluble				X
Particulada				X
Nitritos				X
Nitratos				
Fosforo total				
Soluble	X	X	X	X
Particulado	X	X	X	X
Cloruros			X	X
Alcalinidad				X
Aceites y grasas			X	X
Coliformes				
Fecales			X	X
Totales			X	X
pH	X	X	X	X
Acidez	X	X	X	X
Detergentes				

Fuente: RAS decreto 0330/2017 tratamiento de aguas residuales.

El RAS decreto 0330/2017 “tratamiento de aguas residuales”, requiere de parámetros para la determinación de los aportes per cápita para aguas residuales domésticas. En el cual, deben hacerse estimativos de carga unitaria de origen doméstico con base en las jornadas de mediciones de caudales y concentraciones de sustancias contaminantes. El no contar con estas mediciones, porque no existen sistemas de alcantarillado, deben utilizarse los siguientes valores:

Tabla 6-3. Aportes per cápita para aguas residuales domésticas

Parámetro	Intervalo	Valor sugerido
DBO 5 días, 20°C, g/hab/día	25 – 80	50
Sólidos en suspensión, g/hab/día	30 – 100	50
NH ₃ -N como N, g/hab/día	7.4 – 11	8.4
N Kjeldahl total como N, g/hab/día	9.3 – 13.7	12.0
Coliformes totales, #/hab/día	2x10 ⁸ – 1x10 ¹¹	2x10 ¹¹
Salmonella Sp., #/hab/día		1x10 ¹¹
Nematodos intes., #/hab/día		4x10 ¹¹

Fuente: RAS decreto 0330/2017 tratamiento de aguas residuales.

Valores límites máximos permisibles microbiológicos en vertimientos puntuales de aguas residuales (ARD y ARND) a cuerpos de aguas superficiales.

Se realizará el análisis y reporte de los valores de la concentración en Número Más Probable (NMP/100mL) de los Coliformes Termo tolerantes presentes en los vertimientos puntuales de aguas residuales (ARD y ARND) en el laboratorio de tratamiento de aguas de la u santo tomas sede Villavicencio.

6.1.2. IMPACTO AMBIENTAL

La generación del impacto ambiental por las aguas residuales conlleva al “decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”. [5]

El impacto ambiental es el estudio que permite estimar los efectos que las actividades causan sobre el medio ambiente. Por el cual, se deben identificar principalmente los siguientes factores:

Tabla 6-4. Impactos ambientales potenciales por el vertimiento.

Factor Ambiental	Componente ambiental	Impacto Ambiental
Abiótico	Agua	Alteración de la calidad del agua Reducción de la capacidad hidráulica Eutrofización
	Atmósfera	Contaminación del aire por olores
	Suelo	Alteración de la propiedad del suelo
	Paisaje	Alteración de la flora
Biótico	Flora	Afectación de la flora
	Fauna	Afectación de la fauna

Fuente: evaluación ambiental de vertimientos SENA - Centro Agropecuario de Buga (CAB). [6]

Luego de identificarse todos los factores, se realiza la evaluación individual de la caracterización del impacto positivo y negativo de los elementos ambientales y medios, de acuerdo con la matriz de Leopold.

Tabla 6-5. Caracterización elementos ambientales y medios Matriz Leopold.

Símbolo	Caracterización
+	Positivo
-	Negativo

Fuente: elaboración propia.

El método Battelle-Columbus establece los siguientes propósitos:

- Medir el impacto ambiental sobre el medio de diferentes proyectos de uso de recursos hídricos (análisis de proyectos, escala micro). [7]
- Planificar a medio y largo plazo proyectos con el mínimo impacto ambiental posible (evaluación ambiental estratégica de planes y programas, escala macro). [7]

La base sistemática de evaluación del método Battelle-Columbus está definida en una lista de indicadores con 78 parámetros ambientales, ordenados en 18 componentes ambientales, de la siguiente manera:

Tabla 6-6. Sistema de componentes ambientales Battelle-Columbus

Impactos Ambientales	Componentes Ambientales
Ecología	Especies y poblaciones
	Hábitats y comunidades
	Ecosistemas
Contaminación ambiental	Contaminación del agua
	Contaminación atmosférica
	Contaminación del suelo
	Contaminación por ruido
Aspectos estéticos	Suelo
	Aire
	Agua
	Biota
	Objetos artesanales
	Composición
Aspectos de interés humano	Valores educacionales y científicos
	Valores históricos
	Culturas
	Sensaciones
	Estilos de vida

Fuente: valoración de impactos ambientales. [7]

6.1.3. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia no son del todo funcionales, además no cumplen con las normativas legales vigentes, que causan

un gran problema a nivel social y ambiental, teniendo en cuenta que su principal causa es el no mantenimiento adecuado de los sistemas.

- Trampas de grasa:

Son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. [6]

Los parámetros de diseño que se deben tener en cuenta a realizarse dependen de las características del agua y el caudal del agua residual que se va a tratar.

Tabla 6-7. Parámetros de diseño, según RAS decreto 0330/2017

Descripción	Valor	Unidad
Área del tanque por cada litro por segundo	0.25	m ²
Relación ancho/longitud	1:4 hasta 1:18	
Velocidad ascendente mínima	4	mm/s

Fuente: RAS decreto 0330/2017 tratamiento de aguas residuales

En las siguientes tablas se pueden observar los caudales y capacidades de retención, y los tiempos de retención hidráulica típicos que se deben usar para trampas de grasa respectivamente.

Tabla 6-8. Capacidades de retención de grasa.

Tipo de afluente	Caudal (L/min)	Capacidad de retención de grasa (Kg)	Capacidad máxima recomendada (L)
Cocina de restaurante	56	14	190
Habitación sencilla	72	18	190
Habitación doble	92	23	240
Dos habitaciones sencillas	92	23	240
Lavaplatos para restaurantes			
Volumen de agua mayor de 115 L	56	14	115
Volumen de agua mayor de 190 L	92	23	240
Volumen entre 190 y 378 L	144	36	378

Fuente: RAS decreto 0330/2017 tratamiento de aguas residuales.

Tabla 6-9. Tiempos de retención hidráulicos

Tiempo de retención (minutos)	Caudal de diseño (L/S)
3	2 – 9
4	10 – 19
5	20 o más

Fuente: RAS decreto 0330/2017 tratamiento de aguas residuales.

- Tanque séptico

Son tanques generalmente subterráneos, sellados, diseñados y construidos para el saneamiento rural. Deben llevar un sistema de postratamiento. [6]

El dimensionamiento del tanque séptico se establece en el título E “tratamiento de aguas residuales” de RAS 200 o en su actualización (Decreto 0330/2017). En el cual se encuentra: Volumen útil, geometría, medidas internas mínimas recomendadas, número de cámaras, filtro de grava, área.

Tabla 6-10. Valores de profundidad útil

Volumen útil (m ³)	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1.2	2.2
De 6 a 10	1.5	2.5
Más de 10	1.8	2.8

Fuente: RAS 2000 título E tratamiento de aguas residuales.

6.1.4. CARBONO ORGANICO

Se conoce como materia orgánica del suelo (MOS) a un conjunto de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, que están en diferentes etapas de descomposición, y que se acumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo [1]. Además, incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos [1]. El COS es el principal elemento que forma parte de la MOS, por esto es común que ambos términos se confundan o se hable indistintamente de uno u otro.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

- Aguas Residuales Domesticas: son las procedentes de las descargas de los retretes, servicios sanitarios, sistemas de aseo personal y de las áreas de cocinas y lavado de elementos de aseo.
- Pozo séptico: Es aquella estructura hidráulica, que permite la recolección y el tratamiento primario de las aguas residuales. [7]
- Vertimiento: Es la descarga final de cualquier cuerpo de agua. [9]
- Obra Civil: En ingeniería, una la obra civil se refiere al desarrollo de infraestructuras para una población, pertenecientes a relaciones e intereses privados o públicos.
- Impacto ambiental: Se entiende al alboroto que introduce una actividad humana en cualquier entorno, donde afecta al medio ambiente debido a estas actividades. [10]

- Salubridad: Son los requisitos básicos de saneamiento que debe contar cualquier comunidad para evitar enfermedades. [2]
- Calidad de agua: Es cumplir con las propiedades físicas, químicas y microbiológicas, ya que esto es fundamental para el desarrollo y el bienestar humano proporcionándole a la comunidad un agua salubre. [2]
- Indicador: Es una comparación de variables, con el fin de mostrar aspectos relevantes de la realidad social, ambiental de un sector de la comunidad. [11]
- Carbono orgánico: es la cantidad de carbono unido a un compuesto orgánico y se usa frecuentemente como un indicador no específico de calidad del agua [1]
- Al: Aluminio
- C: Color
- OMS: Organización mundial de la salud
- PAC: Policloruro de aluminio
- T: Turbiedad
- UNT: Unidad Nefelométrica De Turbiedad
- UPC: Unidades de platino-cobalto

6.3. ESTADO DEL ARTE

Las evaluaciones previas de las aguas residuales se contemplan varias líneas de investigaciones que otorgan un impacto ambiental negativo a las comunidades afectadas, por el cual se llevan a cabo enfermedades causadas por los vertimientos a las aguas superficiales aledañas.

- Impacto ambiental de pozos sépticos en puerto rico y su diseño y control:

El análisis en este informe demuestra que los pozos sépticos son una fuente de contaminación significativa a los terrenos y cuerpos de agua en Puerto Rico. El efecto de las descargas de los pozos sépticos hasta el 2011 no se puede determinar directamente, debido a que hasta recientemente no existían reglamentaciones para el diseño e inspección de los pozos sépticos residenciales unifamiliares. Estos pozos residenciales no reglamentados constituyen aproximadamente el 96 % de todos los pozos sépticos en la Isla, con descargas

sanitarias al medioambiente de aproximadamente 165 millones de galones por día. [3]

- Estudio para la construcción de pozos sépticos, Campo Casabe:

Este estudio se caracterizó en la construcción de los 18 pozos sépticos en el Campo Casabe, de los cuales están activos en base a las especificaciones de construcción, en donde se realizaron previamente los análisis físicos, químicos y microbiológicos para conocer las características de las aguas residuales domésticas, y el cumplimiento de la calidad del vertimiento. Además, se solicitó a la CORANTIOQUIA para la dependencia del permiso ambiental del vertimiento de aguas domésticas. [12]

- Diagnóstico de la contaminación por aguas residuales domésticas, cuenca baja de la quebrada la macana, San Antonio de prado, municipio de Medellín:

El análisis de este informe demuestra el comparativo de diferentes estudios realizados en la zona, en donde la calidad del agua de la fuente receptora ha mejorado considerablemente en el tiempo, con reducciones del orden de tres magnitudes para los coliformes totales y de cinco magnitudes para el E. Coli. [13]

- Análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia:

El estudio se realizó a través del servicio de muestreo y análisis para la red de control y vigilancia de la calidad de las aguas de baño de la región de Murcia, mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua de mar, en muestreo de trece playas o zonas costera del litoral, durante los meses de verano del 2009, para establecer los criterios sanitarios de calidad que deben cumplir las aguas de baño. [14]

- Aguas residuales y tipos de tratamiento, M. Espigares García de la Universidad de Granada, España:

En este artículo se da a conocer la composición de las aguas con los diversos orígenes, en el cual va sujeta a los procesos de los afluentes que la proceden, en función a ello, la composición varía considerablemente. Cada composición de las aguas residuales comprende una vista sanitaria y un tratamiento distinto, y adecuado para el cumplimiento de su vertimiento.

6.4. MARCO NORMATIVO

Tabla 6-11. Marco normativo

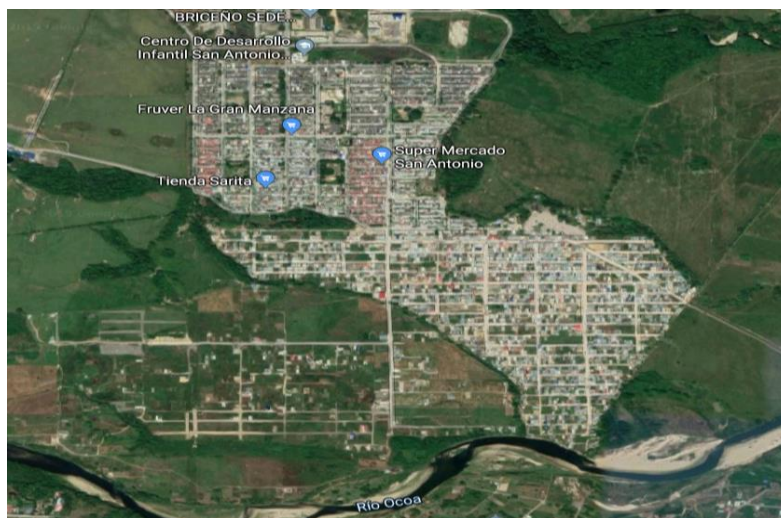
Norma	Concepto
Resolución 631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones
Ras 2000 Título E tratamiento de aguas residuales y su actualización decreto 0330/2017	Criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales
Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Resolución 0330 de 02017	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009
APHA del 2005	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales. 21 ^a edición, Asociación Americana de Salud Pública / Asociación Americana de Obras Hídricas / Federación de Medio Ambiente del Agua, Washington DC

Fuente: elaboración propia.

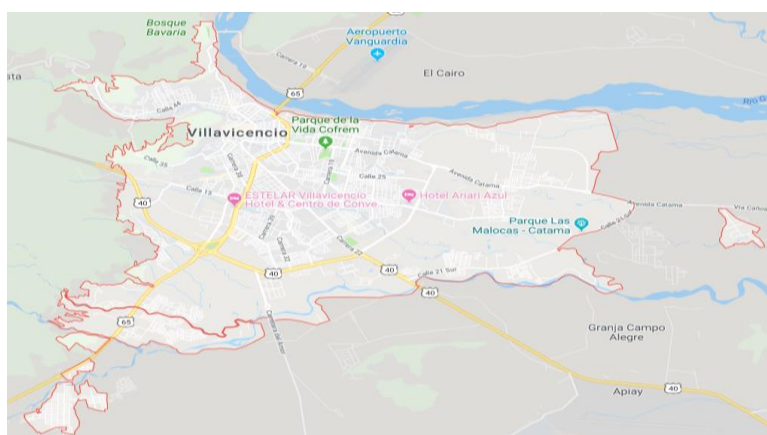
6.5 MARCO GEOGRÁFICO

Ubicación general y posición geográfica

La zona de estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales se desarrollará en el municipio de Villavicencio que está ubicado en el piedemonte de la Cordillera Oriental y al Noroccidente del departamento del Meta, en la comuna 5 del barrio “el Brillante”, como se puede evidenciar en la ilustración figura 1, figura 2 y en el anexo del mapa escalado de la red de acueducto.



*Ilustración 6-1. Mapa del barrio "El brillante"
Fuente: google earth*



*Ilustración 6-2. Mapa de Villavicencio
Fuente: google maps*

7. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación se diseñaron las siguientes actividades:

1. Descripción de las características ambientales y socioeconómicas de la zona de estudio
2. Toma de muestras y análisis de la calidad del agua residual y suelo
3. Determinación del impacto ambiental por el vertimiento de aguas residuales
4. Alternativas de gestión y/o estructurales para la mitigación del impacto ambiental
5. Socialización de los principales resultados y propuestas desarrolladas

Para el presente estudio el alcance y los límites del sistema son definidos como la delimitación del barrio El Brillante, incluyendo áreas verdes y fuentes hídricas aledañas. El estudio se realizará durante dos semestres académicos. Se considerará el barrio como un sistema integrado dentro de su entorno, con entradas asociadas al consumo de recursos naturales, como lo son el agua, alimentos y productos de consumo masivo que alteran la calidad del agua y salidas como los vertimientos.

7.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se describirán las características ambientales, hídricas y meteorológicas de la zona de estudio, identificando los principales cauces susceptibles de impacto por el vertimiento puntual de aguas residuales y aspectos socio económicos asociados (Tabla 3). La información será relevada de instituciones oficiales como la alcaldía, gobernación, CORMACARENA, IDEAM, DANE, IGAC, y visitas de campo entre otras.

También se buscará información sobre el caudal de la fuente receptos y/o se realizaran aforos en la misma y en los puntos de muestreo con el fin de estimar el caudal del agua vertida y la capacidad de dilución del cuerpo receptor.

Tabla 7-1. Descripción de los parámetros.

Parámetros	Descripción	Observación
Condiciones climáticas		
Principales fuentes hídricas		
Características geológicas		
Calidad del aire		
Principales especies de fauna		
Principales especies de flora		
Aspectos sociales (Demografía, nivel de escolaridad, etc.)		
Aspectos económicos		
Aspectos culturales		

Fuente: elaboración propia

Para conocer las características socioeconómicas y culturales de la población del barrio el diamante, se desarrollarán encuestas donde se incluirán aspectos como nivel de educación, composición familiar, porcentaje de personas empleadas, usos del agua y disposición final y principales actividades a las que se dedica la comunidad motivo de estudio.

Objetivo: Conocer como es percibido el manejo de las aguas residuales por la comunidad del sector “El brillante”

Tabla 7-2. Encuesta para la comunidad

Fecha: _____ correo: _____			
Nombre: _____ dirección: _____			
Lea cada una de las siguientes afirmaciones y conteste la opción que se parece más a la realidad del manejo de aguas residuales en su barrio, o sea, lo que ocurre , no lo que quisiera que ocurriera.			
La identidad de quien contesta será mantenida en reserva. Conteste de acuerdo con la siguiente relación, marque con X el número según su opinión:			
1- Sí			
2- No			
En el caso que no aparezcan las opciones de 1 a 2 conteste.			
		1.SI	2.NO
1	¿Su hogar está conformado por padre y madre de familia?		
2	¿Es usted madre o padre de familia soltero?		
3	¿Por cuantos integrantes está conformado su hogar?		
4	¿Cuál es su grado de escolaridad?		
5	¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas, comúnmente conocido como aguas negras?		
6	¿Qué solución dispone usted para las aguas residuales de su casa?		
7	¿Hace algún tratamiento a las aguas residuales de su casa?		
8	¿En caso de hacer un tratamiento, cual es este?		
9	¿Tiene conocimiento de multas, comparendo ambiental y/o alguna sanción por el vertimiento de aguas residuales domésticas?		
10	¿Tiene algún tipo de problema por vertimiento de aguas residuales?		
11	¿Existe vertimiento de aguas residuales domesticas en áreas verdes, espacio público como vías, andenes, etc.?		
12	¿Cree usted que es importante el manejo adecuado de las aguas residuales domésticas?		
13	¿Tiene usted conocimiento sobre las enfermedades que pueden causar el mal manejo de aguas residuales domesticas?		
14	Si la respuesta anterior es afirmativa, ¿Cuáles pueden ser esos problemas a la salud y contaminación?		
15	¿Cree usted que es necesario hacer un estudio de impacto ambiental relacionado con el vertimiento de aguas residuales domesticas en la comunidad?		
16	¿Desea usted que se le envíen los resultados de esta encuesta?		

Fuente: elaboración propia

7.2. TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL Y SUELO

Para determinar los puntos de muestreo se utilizará la ecuación N°1, tomando un nivel de confianza del 99%. Para ello se determina la vivienda como unidad de muestreo. [10]

Ecuación 7-1. Tamaño de muestra

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot \sigma^2}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot \sigma^2}$$

Fuente: identificación de impactos ambientales

Donde,

n = Tamaño de la muestra

N = Total del objeto estudio

Z = K= Factor que depende del nivel de confianza

e = Límite de error permitido (% de error que permite el nivel de confianza que se desea)

σ = Desviación estándar

Para el análisis de la calidad del agua residual serán tomadas en los puntos de vertimiento final de aguas residuales dos muestras mensuales y se determinarán los principales parámetros de calidad del agua (Sólidos, materia orgánica y nutrientes, no se realizarán análisis de metales pesados por las aguas residuales on de tipo domestico), la metodología de análisis será la descrita en *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21th Edition (APHA, 2005).

Tabla 7-3. Programa de monitoreo para calidad de agua.

Parámetro	Volumen de la muestra (ml)	Método de conservación	Tiempo máximo de conservación
Turbidez (NTU)	1000	In situ/ refrigerar	In situ/ 2h
pH	500	In situ/refrigerar	In situ/ 2h
Acidez	100	Refrigerar	24h/14d
Alcalinidad	200	Refrigerar	24h/14d
Color (UPC)	500	Refrigerar	48h/48/h
conductividad	500	Refrigerar	28d/28d
Oxígeno Disuelto (OD) (mg/L)	500	In situ	In situ
DBO (mg/L)	1000	Refrigerar	6h/48h
DQO (mg/L)	50	Refrigerar	6h/48h
Fosfato (mg/L)	100	Filtrar inmediatamente, refrigerar	48h/N.C
Nitrato (mg/L)	100	Analizar lo antes posible	48h/48h (28d para muestras cloradas)
Nitrito (mg/L)	100	Analizar lo antes posible	Ninguno/28d
Nitrógeno (N-org., N-Amoniacal) (mg/L)	500	Analizar lo antes posible	7d/28d
Coliformes sp UFC/100ml	500	Refrigerar, agregar H	7d/28d
e-coli sp UFC/100ml	500	Refrigerar	7d/28d

Fuente: manual de análisis de agua APHA (2005)

Se recibieron nueve muestras a las cuales se les determinó porcentaje de humedad, concentración de carbono orgánico, inorgánico y total por método gravimétrico, concentración de materia orgánica fácilmente oxidable por el método de Walkley Black y nitrógeno orgánico por método Kjeldahl.

Se tomó 1 g de suelo por triplicado y 150 g de manera independiente las cuales fueron secadas por 48 h a 105°C y 40°C en bandejas metálicas con aireación constante. Pasado este tiempo se determinó la humedad fácilmente evaporable mediante la ecuación

Ecuación 7-2. Humedad

$$w = (Ww / Ws) * 100 (\%).$$

Fuente: la humedad en las propiedades físicas del suelo

La muestra seca fue macerada mediante un molino de bolas a una frecuencia de 30 agitaciones por segundo. Pasado esto, las muestras fueron tamizadas a 500 µm y almacenadas en bolsas herméticas para evitar la rehidratación de esta.

7.3. DETERMINACIÓN DE CARBONO TOTAL

La concentración de carbono total de los suelos se determinó utilizando métodos gravimétricos, con calcinación a diferentes temperaturas. Para esto, se tomó 1 g de suelo tamizado, el cual fue sometido a 105°C por 48 h para eliminar totalmente la humedad, pasado este tiempo, las muestras fueron sometidas a calcinación a 350°C por 6 h y 505°C por 6 h, dejando enfriar y pesando entre cada procedimiento. El porcentaje de carbono orgánico e inorgánico fue determinado mediante la siguiente formula:

Ecuación 7-3. Porcentaje de carbono orgánico

$$\%C = \frac{V \left(1 - \frac{M}{B} \right) * 0.003}{Pm}$$

Fuente: la descomposición de la materia orgánica

Donde: %C = porcentaje de carbono orgánico

V = Volumen de dicromato de potasio empleado en la muestra y el blanco
(5 mL)

M = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación de la muestra.

B = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco.

Pm = Peso de la muestra de suelo

La concentración de carbono total se calculó como la suma del porcentaje de carbono orgánico e inorgánico.

7.4. DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA.

La determinación de materia orgánica se determinó por métodos valorimétricos mediante el procedimiento de Walkley Black, basado en la reducción de $K_2Cr_2O_7$ en medio ácido. Para esto, se tomó 0,5 g de cada muestra de suelo seco y tamizado a la cual se les agregó 5 ml de $K_2Cr_2O_7$ 1 N, 10 ml de H_2SO_4 concentrado y 5 ml de agua destilada desionizada, dejando reaccionar por 45 min a temperatura ambiente; como blanco se utilizó la misma solución sin muestra. Pasado este tiempo, se aforó a 150 ml con agua destilada y desionizada y se agregó ferroína como indicador. La valoración se realizó mediante titulación con $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ (FAS) 1 N. La determinación de la concentración se determinó mediante la fórmula:

$$[C.O] = \frac{(meq K_2Cr_2O_7 - meq FeSO_4) \times (0.003)}{m} \times 1000$$

Fuente: soil science society of America book series

7.5. DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO ORGÁNICO

Para calcular la concentración de nitrógeno orgánico se utilizó método valorimétrico ácido-base mediante destilación Kjeldhal. Para esto, se tomó 1 g de muestra seca y tamizada la cual fue digerida con H_2SO_4 concentrado y una tableta Kjeldahl de digestión Missouri (4,98 g K_2SO_4 y 0,02 g $CuSO_4 \cdot 7H_2O$) para nitrógeno a 350°C por 4 h. Pasado este tiempo se ajustó el pH agregando 50 ml de H_2O destilada desionizada y 40 ml de NaOH 32%. Una vez ajustado, la muestra fue tratada en destilador Kjendhal (BÜCHI Distillation Unit K-355) por 5 min y el producto rescatado fue diluido en 100 ml de H_3BO_3 al 2%. Se realizó una titulación ácido-base utilizando H_2SO_4 0,02 N e indicador mixto (Rojo de metilo-Azul de metileno) (Tashiro).

7.6. DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Con base en la información recopilada se procederá a realizar una matriz para la evaluación de impactos ambientales, la cual permitirá evidenciar la significancia de

los impactos generados por el vertimiento de aguas, se tendrán en cuenta aspectos como la posibilidad de ocurrencia, la duración, el alcance, la recuperabilidad, la magnitud entre otros. Se realizará la matriz de impactos ambientales, el cual está basada en el método de las matrices causa- efecto. Involucrando los métodos de matriz de Leopold y el método Instituto Batelle-Columbus (Anexo 1).

7.7. ALTERNATIVAS DE GESTIÓN Y/O ESTRUCTURALES PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Se evaluarán posibilidades de reutilización del agua en algunas de las actividades desarrolladas por la comunidad en el barrio, así como la utilización del agua lluvia, teniendo como premisa su uso sustentable y la minimización del impacto ambiental. También se propondrán alternativas de reducción del consumo de agua y posibilidades de sistemas de tratamiento de aguas residuales, estos últimos teniendo en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales de la zona de estudio para facilitar su posible aplicación.

7.8. SOCIALIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS Y PROPUESTAS DESARROLLADAS

Teniendo los resultados de laboratorio, evaluación de impacto ambiental y las soluciones y/o estrategias que se encuentren al análisis profundo de estos datos, se realizarán respectivas reuniones con la comunidad, acordando espacios y fechas determinadas en las cuales puedan asistir mayor cantidad de residentes de la comunidad, para, asimismo, socializar la información obtenida y explicar la situación por la cual está siendo afectada la comunidad.

8. RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS

8.1. RESULTADOS ESPERADOS

Se espera que la evaluación del impacto ambiental por el vertimiento de aguas residuales en el barrio el “Brillante” ubicado en el municipio de Villavicencio-Meta se realice con todos los procesos adecuados para la obtención de los siguientes resultados.

Tabla 8-1. Tabla de resultados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Identificación de las zonas afectadas del Barrio el Brillante	Identificación visual y registro fotográfico	Objetivo específico 1
Identificación de las causas de la contaminación del agua	Programa Google Earth y recolección de muestras	Objetivo específico 2
Conocer la mayor afectación en un punto específico	Matriz de identificación de impacto ambiental y magnitud	Objetivo específico 3
Determinar y diseñar obras hidráulicas	Reducción del impacto por vertimiento de aguas residuales domesticas	Objetivo específico 4
Exposición del impacto y sus soluciones	Evaluó y diagnóstico de los resultados	Objetivo específico 4 y 5

Fuente: propia

8.2. IMPACTOS

El desarrollo de esta tesis generara diferentes impactos en distintos aspectos buscando unos supuestos que satisfagan la necesidad a un corto, mediana y largo plazo en la comunidad del barrio “el Brillante”.

Tabla 8-2. Tabla de impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Social	Mejorar la calidad de vida de los habitantes del barrio el Brillante	Soluciones y alternativas de la problemática	Mediano y Largo
Institucional	Apoyo por parte del programa de proyección social de la Universidad Santo Tomas	Aumentos de proyectos investigativos	Mediano y Largo
Económico	Valorización de la zona predial	Aumentos de ingresos para la comunidad	Largo
Técnico y Científico	Apoyo en la evaluación del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales	Culminación de la tesis	Mediano y Largo

Fuente: propia.

9. CRONOGRAMA

Tabla 9-1. Cronograma de actividades.

ACTIVIDAD		MES										
		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
ESTUDIOS, DOCUMENTACIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA												
1	Reconocimiento de la zona de estudio.											
2	Describir las características ambientales, hídricas y meteorológicas de la zona de estudio											
3	Identificar los principales cauces susceptibles de impacto por el vertimiento puntual de aguas residuales y aspectos socio económicos											
4	Visita de campo (acompañamiento profesional)											
5	Recopilación de información sobre el caudal de la fuente receptos.											
6	Realizar aforos en cuerpos de agua receptores y en los puntos de muestreo con el fin de estimar el caudal del agua vertida y la capacidad de dilución del cuerpo receptor											
7	Descripción de los parámetros											
8	Desarrollo de encuestas a la comunidad											
MUESTRAS, INVESTIGACION Y ANALISIS												
9	Recolección de muestras de aguas residuales domesticas de las zonas de estudio (acompañamiento profesional)											
10	Realizar ensayos de laboratorio											
11	Realizar análisis específicos de muestras de aguas residuales domésticas											
12	Desarrollo matriz de identificación de impacto ambiental por vertimiento de aguas residuales domésticas											

13	Realizar la matriz de impactos ambientales (Conesa, 1997), el cual está basada en el método de las matrices causa- efecto											
ESTRATEGIAS												
14	Evaluar posibilidades de reutilización del agua en algunas de las actividades desarrolladas por la comunidad en el barrio											
15	Proponer alternativas de reducción del consumo de agua											
16	Realizar diseños de sistemas y obras hidráulicas de tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales de la zona de estudio para facilitar su posible aplicación											
COMPROBACION												
17	Técnicas de modelado y análisis de datos											
18	Se comprobará que el diseño y cálculos realizados están acordes al requerimiento											
INFORME DE RESULTADOS												
19	Informe de resultados, conclusiones y documentación final											
20	Realizar respectivas reuniones con la comunidad, acordando espacios y fechas determinadas en las cuales puedan asistir mayor cantidad de residentes de la comunidad, para, asimismo, socializar la información obtenida y explicar la situación por la cual está siendo afectada la comunidad											
APROBACION Y SUSTENTACION												
21	Se presentará el proyecto días antes de la sustentación ante el jurado con el fin de obtener una corrección final; luego se sustentará ante el jurado para su calificación final											

Fuente: propia.

10. PRESUPUESTO

Este es un presupuesto aproximado de lo que serían los gastos con los que cuenta cada uno del personal, recursos operativos, recursos técnicos e imprevistos. Se debe recalcar que la Universidad Santo Tomás cuenta con todos los equipos y dispositivos necesarios para la realización de dichas pruebas, no obstante, no cuenta con los reactivos y/o insumos que se requerirían para las pruebas.

Tabla 10-1. Presupuesto.

CONCEPTO	HORA SEMANAL	COSTO HORA (PESOS)	TIEMPO DE DEDICACIÓN (SEMANAS)	TOTAL (PESOS)
Personal				
Director de tesis (Álvaro Javier Moyano)	4	\$ 18,500	5	\$ 370,000
Valentina Trujillo Arias	8	\$ 5,000	8	\$ 320,000
Mateo Pabon Laverde	8	\$ 5,000	8	\$ 320,000
			SUBTOTAL	\$ 1,010,000
Recursos técnicos				
Laboratorio de la Universidad Santo Tomás				
Cantidad	Parámetro	Límite de cuantificación	Método	Valor unitario
1	DBO 5*	5,0 mg O ₂ /L	SM 5210 B	\$ 40,000
1	DQO*	10 mg O ₂ /L	SM 5220 B	\$ 42,000
1	CLORUROS*	2 mg Cl-/L	SM 4500-Cl-D	\$ 18,000
1	Ph*	N.A	SM 4500 H+B	\$ 3,500
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES*	3 mg/L	SM 2540 D	\$ 16,000
1	SULFATOS*	4,0 mg SO ₄ -/L	SM 4500 SO ₄	\$ 20,000
1	SULFUROS**	0,1 mg/L	SM 4500 S ²	\$ 35,000
SUBTOTAL PARA UNA MUESTRA				\$ 174,500
SUBTOTAL PARA X MUESTRAS				\$ 0
SUBTOTAL				\$ 174,500
Recursos operativos				
Papelería y CD				\$ 60,000
Digitación e impresión				\$ 160,000
Transporte				\$ 200,000
Fotocopias y empaste				\$ 50,000
SUBTOTAL				\$ 470,000
SUBTOTAL GENERAL				\$ 1,654,500
Imprevistos (10%)				\$ 165,450
TOTAL GENERAL				\$ 1,819,950

Fuente: propia.

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Condiciones climáticas

En la Tabla No. 11-1 se presentan las condiciones de temperatura y precipitación mensual y el promedio anual para el municipio de Villavicencio, lugar donde se encuentra el área de estudio evaluada.

Tabla 11-1. Temperatura y precipitación de Municipio de Villavicencio.

Parámetro/ Mes	Temperatura media (°C)	Temperatura min. (°C)	Temperatura máx. (°C)	Precipitación (mm)
Enero	26,1	20,7	31,6	51
Febrero	26,7	21,5	31,9	93
Marzo	26,6	21,6	31,6	184
Abril	25,6	20,7	30,5	475
Mayo	25,1	20,4	29,9	529
Junio	24,6	19,9	29,4	469
Julio	24,7	19,9	29,5	418
Agosto	24,9	19,8	30,1	366
Septiembre	25,3	20	30,7	372
Octubre	25,7	20,3	31,1	427
Noviembre	25,7	20,4	31	333
Diciembre	25,5	20	31,1	139
Promedio anual	25,5	20,4	30,7	321,3

Fuente: Elaboración propia basado en IDEAM (2015)

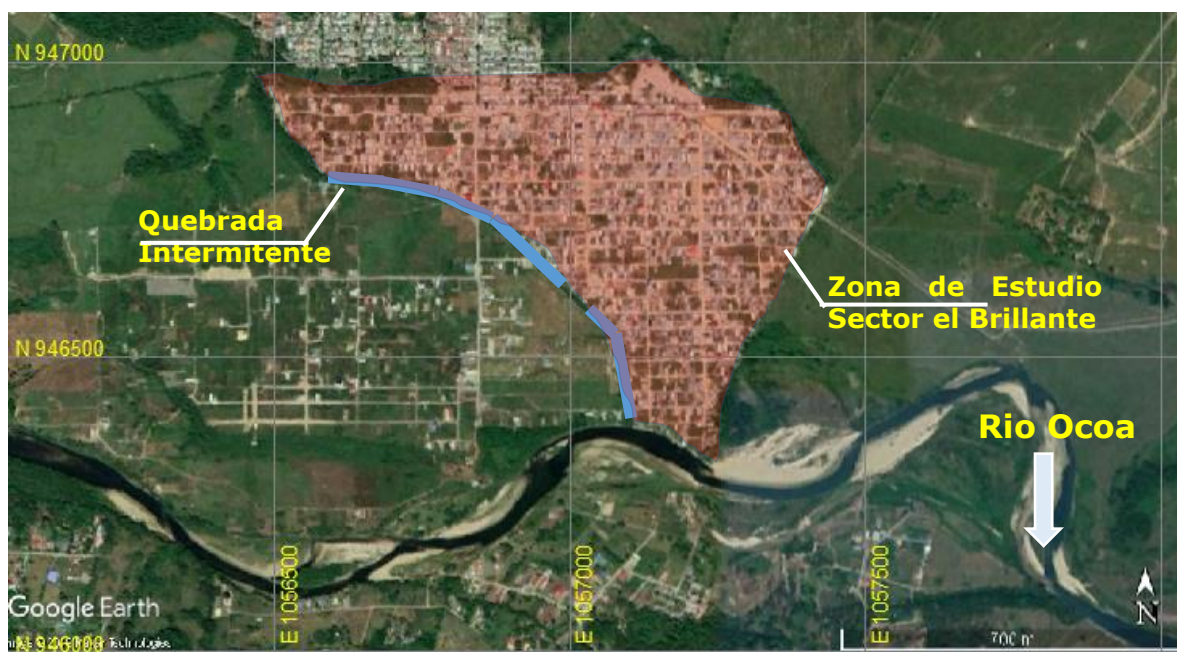
La ciudad cuenta con una temperatura promedio de 25.5°C, máxima promedio de 31°C y mínima de 20°C, las cuales se presentan en el transcurso del año siendo más templada en las épocas de invierno, meses de abril a octubre, y más calurosa en verano, meses de diciembre a marzo. Por su parte la precipitación media anual es de 321,3 mm, siendo mínima en el mes de enero (51 mm) y máxima en mayo, con un promedio de 529 mm.

Estas características climáticas son importantes para el presente estudio, una vez que en épocas de invierno las fuentes hídricas van a presentar caudales máximos y mayor poder de dilución de contaminantes, es decir, probablemente el impacto ambiental asociado al vertimiento de aguas residuales a cuerpos de agua puede

ser menor en estos meses. También, en épocas de invierno pueden existir fuentes hídricas intermitentes que pueden facilitar el transporte de contaminantes.

Fuentes Hídricas aledañas al área de estudio

En la Figura 11-2 se presenta la zona de estudio y las fuentes hídricas aledañas. El río principal que pasa por la parte inferior del asentamiento urbano el Brillante es el río Ocoa, y también, en la época de estudio (invierno) se encontró la presencia de una quebrada intermitente que atraviesa el barrio por el costado oeste. Los dos anteriores cuerpos de agua superficial (y los depósitos subterráneos) pueden ser susceptibles de afectación por el vertimiento de aguas residuales y facilitan el transporte de residuos.



*Ilustración 11-2. Cuerpos hídricos aledaños al área de investigación
Fuente: elaboración propia adaptado de Google Maps*

Características del río Ocoa

El río Ocoa nace en el sector alto de la vereda Samaria con una elevación de 1100 msnm en el municipio de Villavicencio, y desemboca en el río Guatiquía entre el margen de los límites de los municipios de Villavicencio y Puerto López. Recorre aproximadamente una longitud de 26 km. Sus principales afluentes que aportan en sus primeros 7 km dirigiéndose en sentido norte-sur el recorrido del río Ocoa, entre los cuales se destacan el caño Los Corrales, la quebrada Blanca y el caño

Monos. Luego en sus 19 km sigue descendiendo su recorrido cambiando el sentido hacia el este, recibiendo aportes principales de los caños La unión, Candelaria, Cole Pato, Los pendejos, Grande, Amoladero, Corcovado, Tigre, Buque y Maizaro. La estación hidrométrica nombrada río Ocoa-Puente del Amor está ubicada en la desembocadura aguas abajo del caño Tigre, con una elevación de 387 msnm y un caudal medio anual de $8.2 \text{ m}^3/\text{s}$ [14].

Principales especies de Fauna

En la Tabla No.11-3 se presentan algunas de las principales especies de flora y fauna que se pueden encontrar en el pie de monte llanero y que se pueden ver afectadas debido a la potencial contaminación del agua.

Tabla 11-2. Fauna de la región Orinoquia

Descripción	Imagen
El oso hormiguero gigante (<i>Myrmecophaga tridactyla</i>) es la mayor especie de oso hormiguero. Se encuentra en América Central y Sudamérica. Es el único representante del género <i>Myrmecophaga</i> . Su cuerpo mide entre 100 y 120 cm de longitud y su cola de 60 a 90 cm; pesa de 25 a 39 kg. La lengua tiene 60 cm de largo y está recubierta por una sustancia adherente para capturar los insectos de los que se alimenta	 Ilustración 11-1. Oso hormiguero Fuente: proyectoibera.org
Es un pez de tamaño mediano puede sobrepasar los 20 cm de longitud estándar. El cuerpo tiene forma aproximada ovalada. La región de la cabeza hasta el inicio de la aleta dorsal es recta con fuerte inclinación. Las escamas son grandes. Las aletas dorsal ventral y anal presentan filamentos, la aleta caudal es redondeada. La boca es muy protráctil.	 Ilustración 11-2. Mojarra de río Fuente: nationalgeographic.es

El Chigüiro (<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>) comúnmente conocido como "Capibara" o "Carpincho". Su cuerpo es cilíndrico en forma de barril con una cabeza pequeña, su pelaje es de un tono café rojizo en la parte superior y amarillo pardo en la inferior	 Ilustración 11-3. Chigüiro Fuente: canalllanero.blogspot.com
Corocora (<i>Eudocimus ruber</i>) es natural de las Américas. Su distribución comprende Colombia, Venezuela, las Guayanas, Brasil y la isla de Trinidad. Se documentan algunos visitantes en Ecuador. De longitud mide de 56 a 61 cm. El plumaje de los adultos es rojo. Los géneros son similares en apariencia excepto por los machos ser más grandes. En los jóvenes, aun no adultos, es blanco y castaño	 Ilustración 11-4. Corocora Fuente: animalesdelllanoyesika.blogspot.com
El cocodrilo del Orinoco, cuyo nombre científico es <i>Crocodylus intermedius</i> es también conocido comúnmente como caimán de Orinoco o caimán llanero; esta es una especie que forma parte de la familia <i>Crocodylidae</i>, siendo endémica de la cuenca del río Orinoco, estando considerado como el mejor depredador de toda América Latina.	 Ilustración 11-5. Caimán del Orinoco Fuente: animalespeligroextincion.org

La guacamaya, <i>Ara macao</i>, presenta una longitud que puede llegar hasta los 90 cm y un peso corporal de hasta 1.5 Kg, la parte superior de la cabeza, cuello, cola y hombros son de color rojo escarlata, en la parte media de las alas son de coloración amarilla, continuando de azul hasta su extremo final. Alrededor de los ojos y mejillas presentan una coloración blanca sin plumas y con piel rugosa. El pico, sin embargo, cambia a color claro, salvo la punta y parte inferior que presenta coloración negra, a su vez es grande y curvoso. En algunas partes de su plumaje presenta ciertas coloraciones verdosas.	 <i>Ara chloropterus</i>. Foto: F. Trujillo Ilustración 11-6. Guacamaya (<i>Ara macao</i>). Fuente: J. S. Usma Oviedo y F. Trujillo González
<i>Cebus apella</i>, conocido como mono maicero, es una especie de mono de tamaño mediano y delgado. El pelaje general del cuerpo negro, con excepción del rostro, el cuello, los hombros y la parte superior de los brazos y pecho, que son de color café amarillento. La cabeza es blanca amarillenta, la coronilla presenta una mancha negra en forma de V que se une al resto del cuerpo.	 <i>Cebus apella</i>. Foto: F. Trujillo Ilustración 11-7. <i>Cebus apella</i> Fuente: J. S. Usma Oviedo y F. Trujillo González.

Fuente: propia

Principales especies de Flora

En la Tabla 11-4 se presentan algunas de las principales especies de flora que se pueden encontrar en el pie de monte llanero y que pueden ser susceptibles de impacto ambiental negativo por el vertimiento de aguas residuales.

Tabla 11-3. Flora de la región Orinoquia

Descripción	Imagen
Árbol dioico de sotobosque (4-10 m) con hojas simples (10-20 x 5-9 cm) y opuestas, con estípulas cónicas pubescentes. Inflorescencia masculina en panícula terminal; flores femeninas solitarias o en pares, con corola blanca. Fruto baya globosa, pubescente, con numerosas semillas.	 <i>Duroia hirsuta</i>. Foto: R. Ávila Ilustración 11-8. <i>Duroia hirsuta</i> Fuente: J. S. Usma Oviedo y F. Trujillo González
Arbusto de 1 a 3 m de alto. Hojas simples y alternas, de 2-12 x 2-7 cm, ovadas o elípticas, con ápice agudo o acuminado, bordes dentados y base redondeada o ligeramente cordada. Las hojas presentan de 3-7 nervaduras principales saliendo desde la base. Pecíolo de 0.2-0.5 cm de largo, pulvinado en el extremo apical. Flores rojas. Frutos en cápsulas retorcidas y espiraladas, de 2-3 cm de largo, verdes, tornándose negros y dehiscentes al madurar.	 <i>Helicteres guazumifolia</i>. Foto: H. Mendoza Ilustración 11-9. <i>Helicteres guazumifolia</i> Fuente: J. S. Usma Oviedo y F. Trujillo González
Árbol de tamaño mediano, de unos 45 pies (14 m) de altura, con una copa extendida. Las pequeñas ramas angulares. Compuesto deja con cuatro pares de hojuelas elípticas u obovadas, 4-9 pulgadas (10-23 cm) de largo y de 2-6 pulgadas (5-15 cm) de ancho. Hoja venas prominentes. Flores perfectas compuestas por numerosos estambres blancos y un pistilo central de delgada.	 <i>Inga sp.</i> Foto: H. Mendoza Ilustración 11-10. <i>Inga edulis</i> Fuente: J. S. Usma Oviedo y F. Trujillo González

Es una hierba acuática que se encuentra en áreas húmedas, a veces en los lechos de estanques o lagos secos, sumergidos o con tallos emergentes. Las hojas sumergidas tienen una forma ovada a elipsoide en los tallos erectos o finales y son de color naranja a rojo. La ramificación puede ser profusa o escasa, pero generalmente se ramificará profusamente a medida que un tallo recorra la superficie.	 <i>Ludwigia inclinata</i>. Foto: J. García Ilustración 11-11. <i>Ludwigia inclinata</i> Fuente: J. S. Usma Oviedo y F. Trujillo González
Árbol con ramitas de subcilíndricas a subcuadrangulares; con hojas grandes, 3-5-plinervadas, con las bases ligeramente inequiláteras, con los márgenes enteros; inflorescencias unifloras o bifloras, producidas en los nudos foliados; flores aromáticas, con los lóbulos de los cálices connatos en la yema, con los pétalos blancos, gruesos, con los márgenes irregularmente dentados.	 <i>Bellucia grossularioides</i>. Foto: L. Miranda Ilustración 11-12. <i>Bellucia grossularioides</i> Fuente: J. S. Usma Oviedo y F. Trujillo González
Hierbas subpostradas o erectas, entre 0.1 hasta 0.5 metros, creciendo usualmente en sitios anegados o en taludes muy húmedos; hojas cortamente pecioladas, con los márgenes aserrados, estípulas fimbriadas; flores solitarias con los pedúnculos filiformes, corona con los apéndices saetiformes, rojos y pétalos rosados o blancos.	 <i>Sauvagesia erecta</i>. Foto: J. García Ilustración 11-13. <i>Sauvagesia erecta</i>. Fuente: J. S. Usma Oviedo y F. Trujillo González
Son pequeñas hierbas, micoheterotróficas ("saprófitas") y sin clorofila, o algunas veces autotróficas y con clorofila; rizoma mayormente presente, cilíndrico, raramente tuberoso, densamente cubierto de hojas en forma de escamas; raíces filiformes, glabras. Tallos en su mayoría no ramificados, de varios colores. Hojas alternas, sésiles, simples, enteras, en especies micoheterotróficas pequeñas y en forma de escamas, en especies autótrofas a bastante grandes y a menudo rosuladas.	 <i>Burmammia bicolor</i>. Foto: J. García Ilustración 11-14. <i>Burmammia bicolor</i> Fuente: J. S. Usma Oviedo y F. Trujillo González

Fuente: propia

Características del suelo en sector el Brillante

El suelo característico de la zona de estudio, sector “El brillante”, en el municipio de Villavicencio, está determinado por depósitos aluviales y de llanuras aluviales de edad cuaternaria, constituidos por acumulación del río Ocoa, y del caño Campo alegre presente en la parte superior del sector.

Suelo

Los Llanos Orientales de Colombia conforme lo establece Botero [15], son de baja fertilidad, debido a su progresiva evolución de meteorización. En su gran mayoría suelos Oxisoles, que presentan un pH de extrema acidez y arcillas de baja actividad en la retención de humedad.

Características socioeconómicas

A continuación, se presenta la información relevada mediante la aplicación de una encuesta (Anexo 1) a 30 casas, que representan aproximadamente 100 personas que viven en el asentamiento urbano el Brillante:

¿Su hogar está conformado por padre y madre de familia?

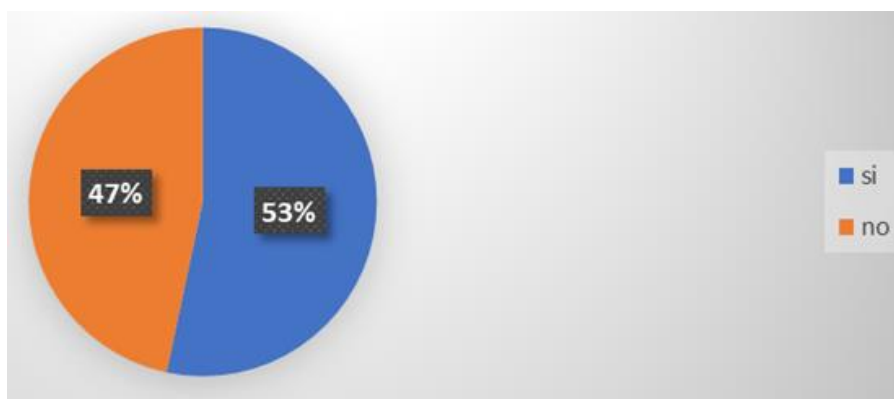


Ilustración 11-15. Pregunta 1

Fuente: propia

Las familias en la comunidad "el brillante" están conformadas ligeramente por padres y madres (57), en unión libre y casada. Este aspecto es importante en términos de adquisición de bienes, calidad de vida, consumo de agua y generación de residuos y vertimientos. Es de esperarse que familias conformadas por ambos padres puedan llegar a tener un mayor poder adquisitivo, y así un mayor gasto de agua. Sin embargo, de este porcentaje encuestado solo en el 20%

de los casos fue expresado que ambos integrantes trabajaban y hacían aportes económicos.

¿Es usted madre o padre de familia soltero?

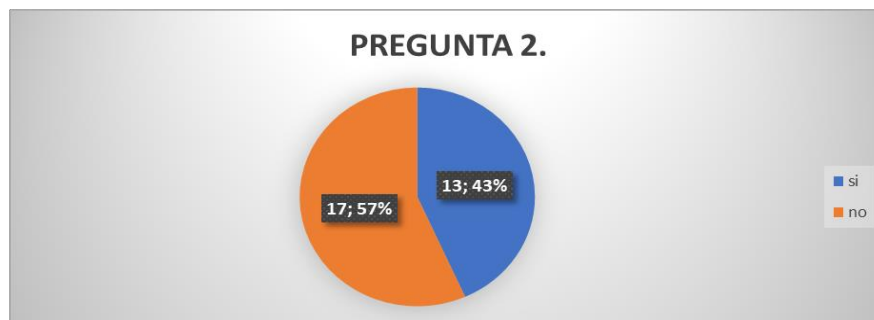


Ilustración 11-16. Pregunta 2
Fuente: propia

El 47% de los encuestados expresaron ser madres (90%) y padres (10%) cabeza de familia. En este caso, sobre todo en familias con mayor número de personas (hijos) se presenta un consumo racional de los recursos que incentiva el ahorro, por ejemplo, del agua. Así, se puede intuir que estas familias presentan un menor caudal vertido, si bien este depende principalmente del número de personas, y también menor nivel de contaminación, ya que el empleo de algunos agentes, como los detergentes, también puede ser reducido.

¿Por cuantos integrantes está conformado su hogar?

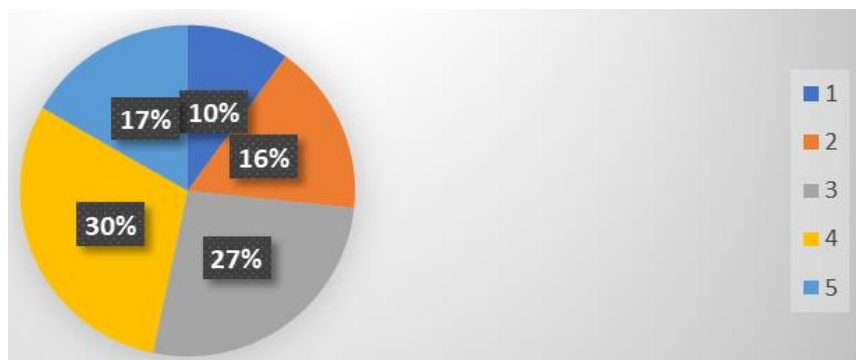


Ilustración 11-17. Pregunta 3
Fuente: propia

El 30% de las familias del sector están conformadas por 4 integrantes, 2 padres y dos hijos, así, este porcentaje representa 9 casas para un total de 36 personas.

Haciendo este ejercicio para todos los porcentajes, se puede concluir que habitan 100 personas en las viviendas encuestadas, donde aproximadamente el 50% corresponde a niños y jóvenes.

¿Cuál es su grado de escolaridad?



Ilustración 11-18. Pregunta 4

Fuente: propia

El 60% y 23% de los encuestados cuentan con el grado de escolaridad de primaria y secundaria, solo el 10% de personas cuentan con pregrado. Por su parte el 7% manifestaron no tener ningún grado de estudio. Esto se relaciona directamente con la posibilidad de acceso al trabajo y los ingresos mensuales para cada familia consultada.

¿Sabe usted que es vertimiento de aguas residuales domésticas, comúnmente conocido como aguas negras?

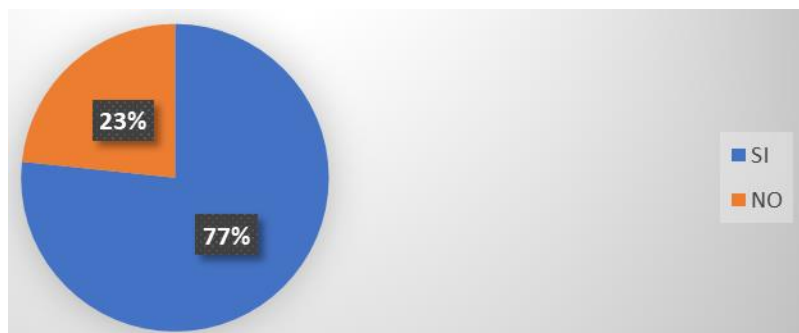


Ilustración 11-19. Pregunta 5

Fuente: propia

El 77% de la comunidad encuestada tiene conocimiento sobre lo que es vertimiento de aguas residuales o aguas negras, manifestando en la mayoría de los casos que estas representan un problema para la salud humana y el ambiente en el sector el Brillante, una vez que no existe sistema de alcantarillado y los vertimientos se desarrollan en zonas aledañas muy cercanas a las viviendas donde ellos residen.

¿Qué solución dispone usted para las aguas residuales de su casa?

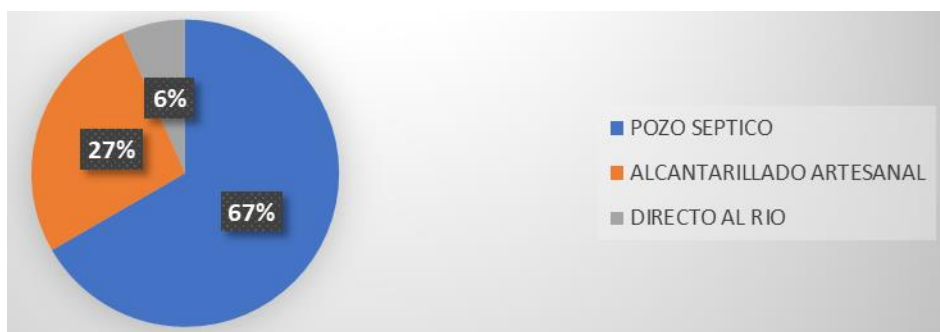


Ilustración 11-20. Pregunta 6

Fuente: propia

Tan solo el 27% de la comunidad encuestada cuenta con el servicio de alcantarillado artesanal, a diferencia del 67% de la comunidad que tiene instalados pozos sépticos, en su mayoría, mal diseñados y mantenidos que presentan rebose y problemas con el manejo de las aguas residuales. Los casos más críticos, los presenta el 6% de las viviendas consultadas, pues hacen vertimiento puntual directo al río.

¿Hace algún tratamiento a las aguas residuales de su casa?



Ilustración 11-21. Pregunta 7
Fuente: propia

El 97% de la comunidad encuestada no realiza ningún tratamiento a las aguas residuales de sus viviendas, he aquí uno de los factores más relevantes a tener en cuenta, debido a la importancia de este proceso. Si bien tienen instalados pozos sépticos artesanales, los mismos se encuentran mal diseñados y ellos no los reconocen como un sistema unifamiliar de tratamiento.

¿En caso de hacer un tratamiento, cual es este?



Ilustración 11-22. Pregunta 8
Fuente: propia

Tan solo 3% de la comunidad realizan un mantenimiento adecuado y acción de limpieza de los pozos para mejorar el proceso y reducir la contaminación generada por el vertimiento de aguas residuales. También, este porcentaje usa un proceso de desinfección en la salida del sistema, mencionando que agregan pastillas de cloro (artesanalmente, sin dosis y tiempo de contacto definidos) para mejorar el proceso y reducir los malos olores.

¿Tiene conocimiento de multas, comparendo ambiental y/o alguna sanción por el vertimiento de aguas residuales domésticas?

El 100 por ciento de la comunidad está en total desconocimiento de comparendos ambientales, multas o sanciones por vertimiento de aguas residuales en zonas públicas.

¿Tiene algún tipo de problema por vertimiento de aguas residuales?

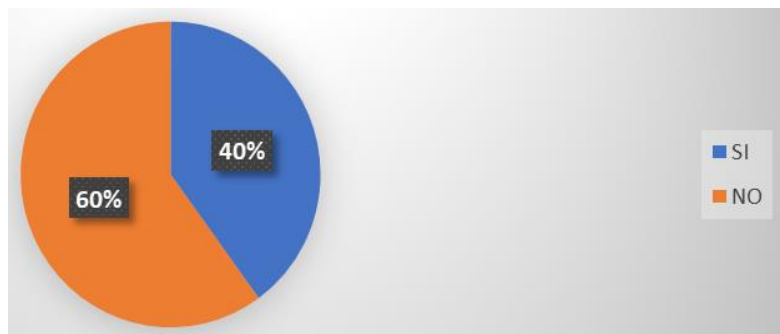


Ilustración 11-23. Pregunta 10

Fuente: propia

El 60% de las personas entrevistadas no posee ningún tipo de problema por vertimiento de ARD, sin embargo, el otro 40% si se ve afectado, ya que, presentan problemas de rebosamiento, malos olores, estancamiento, entre otros.

¿Existe vertimiento de aguas residuales domesticas en áreas verdes, espacio público como vías, andenes, etc.?

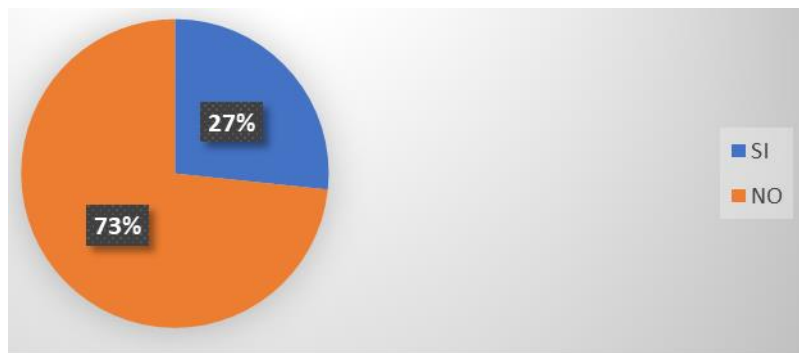


Ilustración 11-24. Pregunta 11

Fuente: propia

El 73% de los encuestados afirma no tener vertimiento de ARD en áreas verdes, espacios públicos, entre otros. Sin embargo, en las visitas al área de estudio se

evidenció agua estancada en muchos de las áreas verdes o lotes baldíos, esto debido a los altos niveles de precipitación y en algunos casos al escurrimiento de aguas residuales de casas cercanas. Esta situación está directamente relacionada con la generación y proliferación de vectores que podrían afectar la salud humana de la población, así como a la emisión de gases contaminantes por la evaporación y descomposición de la materia orgánica presente en el agua estancada.

¿Cree usted que es importante el manejo adecuado de las aguas residuales domésticas?

El 100% de los encuestados, reconocen la importancia del manejo adecuado de estas aguas residuales. Existe preocupación social creciente debido a los problemas asociados a estos vertimientos, los habitantes de la comunidad están gestionando la construcción del alcantarillado como solución, sin embargo, reconocen que es importante el desarrollo de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

¿Tiene usted conocimiento sobre las enfermedades que pueden causar el mal manejo de aguas residuales domesticas?

100% de los encuestados conoce sobre algún tipo de enfermedad a causa del mal manejo de las ARD, y lo que estas pueden afectar. En las visitas desarrolladas para las encuestas y en los días de toma de muestras, se evidenció a parte de la comunidad ejerciendo actividades recreativas (principalmente niños) en las fuentes hídricas aledañas, en alguno de los casos estas se desarrollaron al lado de donde había tuberías de salida que trasportaban agua residual doméstica.

Si la respuesta anterior es afirmativa, ¿cuáles pueden ser esos problemas a la salud y contaminación?



Ilustración 11-25. Pregunta 14
Fuente: propia

El problema más mencionado por los encuestados es la proliferación de mosquitos y el esparcimiento del Dengue, debido al estancamiento de ARD en zonas comunes.

¿Cree usted que es necesario hacer un estudio de impacto ambiental relacionado con el vertimiento de aguas residuales domesticas en la comunidad?

El 100 por ciento de los encuestados afirma que es necesario realizar un estudio de impacto ambiental para conocer la situación por la cual están pasando. También, porque puede ser un soporte para presentar la problemática que se está presentando en este lugar y diagnosticar una situación que se acerque más a la realidad, y finalmente expresaron que están interesados en recibir soluciones de ingeniería que contribuyan en el adecuado manejo de aguas residuales.

¿Desea usted que se le envíen los resultados de esta encuesta?

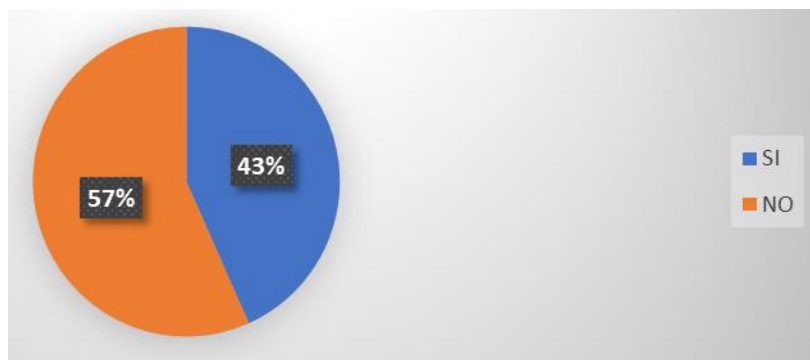


Ilustración 11-26. Pregunta 16

Fuente: propia

El 56 por ciento de las personas entrevistadas no poseen correo electrónico, por lo cual a menos de la mitad de encuestados se les hará llegar la información de esta encuesta.

11.2. DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE MUESTREO Y DESARROLLO ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA Y SUELOS

Puntos de muestreo de agua realizados

Los puntos de muestreo de Aguas Residuales Domésticas, ARD, son puntos para el desarrollo del análisis de la calidad de agua, el cual se realizaron 15 muestreos como se observan en la ilustración 11-27, comprendiendo un área significativa del sector el Brillante. En la tabla 11-4, se presentan las coordenadas sexagesimales de acuerdo con los puntos establecidos en el mapa, y con sus respectivos nombramientos para dar a conocer la ubicación real de cada uno de los muestreos.

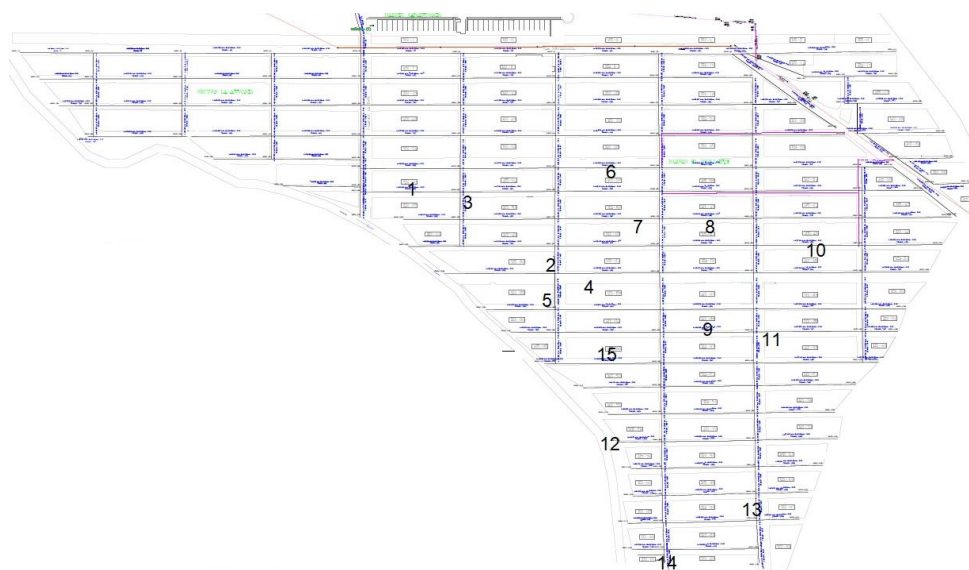


Ilustración 11-27. Puntos de muestreo de ARD
Fuente: mapa empresa eaav

Tabla 11-4. Coordenadas puntos de muestreo de aguas

Punto	Coordenadas N	Coordenadas O
1. Man 30 cas 30	4°06'55.01''	73°33'39.25''
2. Man 50 cas 12	4°06'52.00''	73°33'33.96''
3. Man 38 cas 54	4°06'54.93''	73°33'37.48''

4.Man 55 casa 3	4°06'50.83''	73°33'34.48''
5.Man 56 cas 7	4°06'51.42''	73°33'32.51''
6.Man 32 cas 17	4°06'56.09''	73°33'32.40''
7.Man 46 cas 31	4°06'51.86''	73°33'28.45''
8.Man 47 cas 19	4°06'53.85''	73°33'28.63''
9.Man 66 cas 15	4°06'49.59''	73°33'28.38''
10.Man 53 cas 19	4°06'52.9''	73°33'24.68
11.Man 67 cas 1	4°06'49.28''	73°33'26.21''
12.Quebrada intermitente	4°06'45.18''	73°33'31.55''
13.Man 83 cas 2	4°06'42.60''	73°33'26.24''
14.Rio Ocoa	4°06'39.58''	73°33'30.41''
15.Man 65 cas 20	4°06'48.51''	73°33'31.81''

Fuente: propia

Puntos de muestreo de suelo realizados

Los puntos de muestreo de suelo son puntos para el desarrollo del análisis de la calidad del suelo, el cual se realizaron 9 muestreos como se observan en la ilustración 11-28, implantando un área representativa del sector el Brillante. En la tabla 11-5, se expone las coordenadas sexagesimales de acuerdo con los puntos establecidos en el mapa, y con sus respectivos nombramientos para dar a conocer la ubicación real de cada uno de los muestreos.

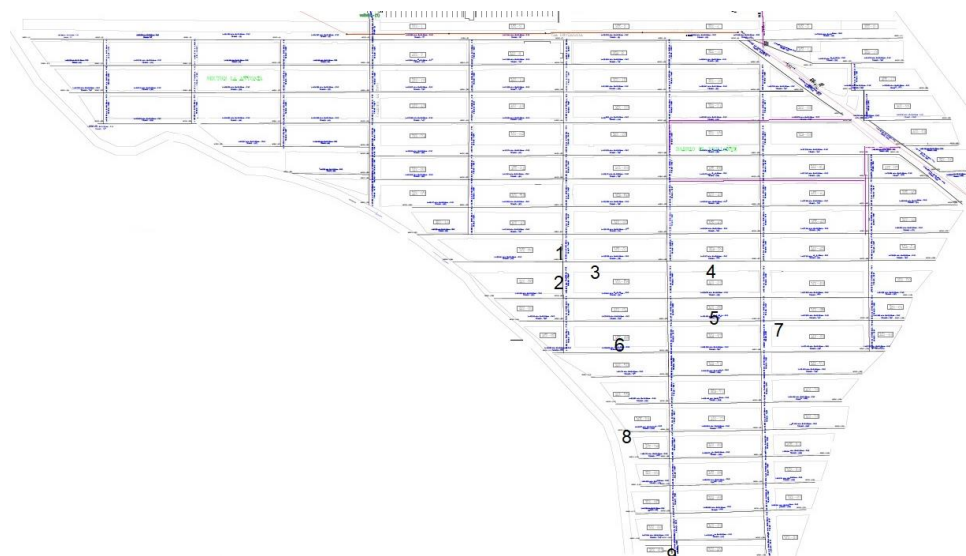


Ilustración 11-28. Puntos de muestreo de suelo
Fuente: mapa de empresa eaav

Tabla 11-5. Coordenadas puntos de muestreo de suelos

Punto	Coordenadas N	Coordenadas O
Man 50 cas 12	4°06' 52.00''	73°33' 33.96''
Man 55 casa 3	4°06' 50.83''	73°33' 34.48''
Man 56 cas 7	4°06' 51.42''	73°33' 32.51''
Man 46 cas 31	4°06' 51.86''	73°33' 28.45''
Man 66 cas 15	4°06' 49.59''	73°33' 28.38''
Man 65 cas 20	4°06' 48.51''	73°33' 31.81''
Man 67 cas 1	4°06' 49.28''	73°33' 26.21''
Quebrada intermitente	4°06' 45.18''	73°33' 31.55''
Rio Ocoa	4°06' 39.58''	73°33' 30.41''

Fuente: propia

11.3. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SUELO EN EL ASENTAMIENTO URBANO EL BRILLANTE

Estudios de aguas

En la Tabla 11-6, se presentan los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos determinados para las aguas residuales generadas en el asentamiento urbano el Brillante. Es importante resaltar en el caso del oxígeno disuelto, que fueron tomadas muestras en el agua residual vertida en las fuentes hídricas aledañas (rio Ocoa y quebrada intermitente), con el fin de analizar si existía algún impacto relacionado con la disminución de OD en dichas fuentes. Sin embargo, los resultados muestran que las fuentes presentan adecuadas condiciones de OD con un valor promedio de 4.0 ± 3.2 , es decir, no existe aún un impacto negativo, lo que permite intuir que el caudal de estas fuentes hídricas es suficiente para asimilar la carga contaminante vertida por las ARD de la comunidad aledaña, ya que Los valores normales varían entre 7.0 y 8.0 mg/L [19]. Para los demás parámetros, el color y la turbiedad presentaron valores típicos para ARD de 190.4 ± 241.7 y 466.4 ± 634.2 , respectivamente. En el caso de la conductividad, se encontró un valor promedio alto de 395.5 ± 438.2 .

Tabla 11-6. Valores de los parámetros fisicoquímicos.

Parámetros/Valores	Turbiedad (UNT)	Conductividad	Temperaturas	Color	Oxígeno Disuelto	pH
Valor Promedio	190.4 ± 241.7	395.5 ± 438.2	22.3 ± 4.1	466.4 ± 634.2	4.0 ± 3.2	6.7 ± 0.8
CV (%)	126.9%	110.8%	18.4%	136.0%	80.0%	11.9%
Valor Máximo	1000	1583	30.5	2532	7.68	8.82
Valor Mínimo	3	2.63	7.108	7	0.003	5.438

Fuente: Autores.

Los valores de pH de la grafica 11-1 oscilan entre 5.4 y 8.8, siendo el valor mínimo y máximo respectivamente. En esencia la mayor cantidad de valores presentan ligeramente acidez, la cual en su medida indica una concentración menor de pH igual a 7 (neutro). Los demás valores mayores a dicho número presentan un pH ligeramente alcalino. El pH tiene una firme influencia en relación con el daño de algunos factores químicos como el amonio no ionizado, volviéndose más excesivo en pH alcalino; y el ácido sulfhídrico (H_2S), incrementándose proporcionalmente en pH ácido. Siendo este, un factor muy importante la relación del pH y las especies acuáticas, considerando las interfaces de los valores inferiores o superiores a los puntos mortales de pH ácido de 4 y pH alcalino de 11. Los cuales en la producción de especies acuáticas el rango adecuado para la producción de estos, son de pH de 6.5 a 9.0, y menores a 6.5 resta la producción [13].

De acuerdo con la resolución 0631 de 2015, de los parámetros y valores límites máximos permisibles cumplen en relación con los vertimientos puntuales de Aguas Residuales Domésticas (), que deberá ser entre 6 y 9 unidades de pH.

Grafica 11-1. Valores de pH según la muestra.



Fuente: Autores.

Para La conductividad, presentada en la Figura 2, se relacionan los valores de cada uno de los muestreos obtenidos en laboratorio. Espigares [3], expresa que la conductividad puede ser alterada y depende del tipo de sales presentes, tiempo y capacidad de disolución, temperatura, pH y factores que afectan la solubilidad (como los gases disueltos). De acuerdo, a la resolución 2115 de 2007, la cual indica características para la calidad del agua de consumo humano, el valor máximo aceptable es 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Así, el valor promedio para las muestras analizadas en el presente estudio se encuentra entre ese rango determinado, es decir, no se presta riesgo a la calidad el del agua por este parámetro. No obstante, algunos puntos mostraron valores más críticos, alcanzando una conductividad por encima de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. También es importante mencionar que, en el agua, las sales minerales son buenas conductoras, mientras que las materias orgánicas y coloidales (presentes en el ARD) tienen una conductividad baja [11].

Como se ilustra en la gráfica 11-2, las muestras de agua que presentaron la menor conductividad pertenecen al río Ocoa, con valores inferiores a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y las de mayor conductividad fueron las provenientes a la quebrada intermitente, con valores por encima de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esto quiere decir que el agua analizada en el río Ocoa no presenta riesgo para la ingesta humana según el parámetro de la conductividad, sin embargo, la quebrada aledaña al barrio (con menor caudal) presenta mayor susceptibilidad a los vertimientos puntuales realizados.

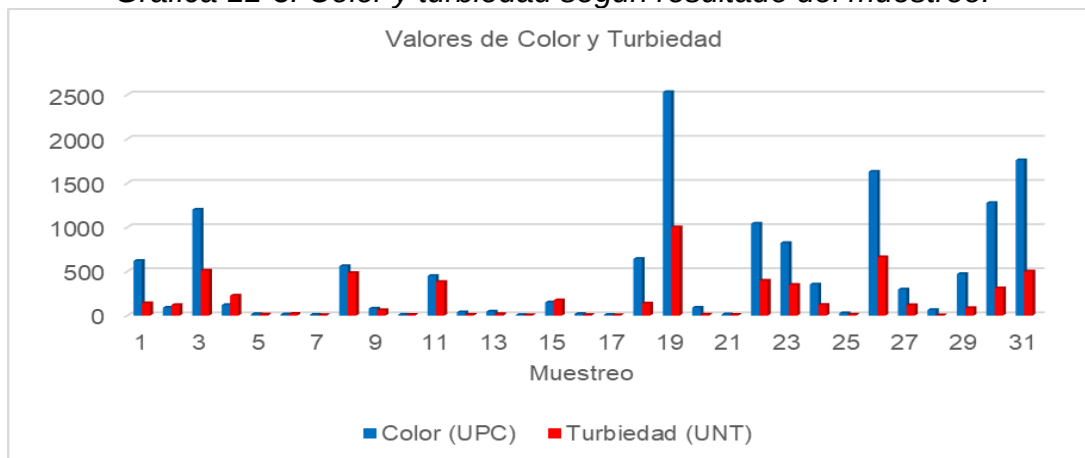
Grafica 11-2. Conductividad según resultado de la muestra.



Fuente: Autores.

En la gráfica 11-3 se presentan las siguientes características físicas del agua objeto de estudio, color y turbiedad. Los valores de color que se señalan a continuación están entre 7 y 2532 Unidades de Platino Cobalto (UPC); y los valores de turbiedad entre 3 y 1000 Unidades Nefelométrías de Turbiedad (UNT). Según señala la resolución 2115 de 2007, en el artículo 2 características físicas del agua para el consumo humano, se permiten valores máximos aceptables de color y turbiedad de 15 y 2, respectivamente. El cual, se evidencia que el agua en cada uno de los muestreos presenta malas características físicas de color y turbiedad.

Grafica 11-3. Color y turbiedad según resultado del muestreo.

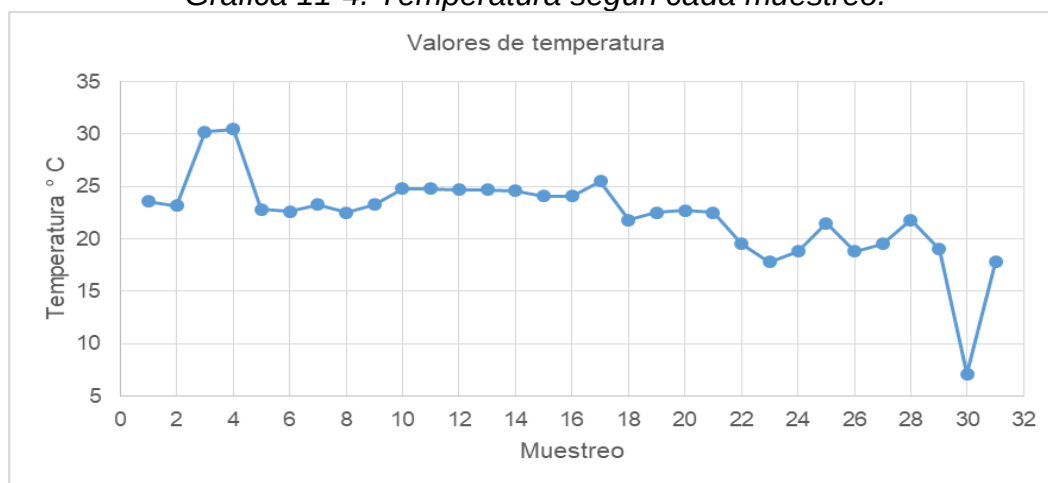


Fuente: Autores.

Según lo establecido en el artículo 5 de la resolución 0631 de 2015, el valor máximo permisible a considerar en la temperatura es de 40 °C, para las

actividades industriales, comercio o de servicio, que efectuó vertimientos de aguas residuales a aguas superficiales o alcantarillado. En la gráfica 11-4 se muestra la temperatura de cada muestreo, cumpliendo satisfactoriamente el protocolo de vertimientos en aguas residuales.

Grafica 11-4. Temperatura según cada muestreo.



Fuente: Autores.

Resultados calidad de suelos

En la Tabla 11-7 se presentan los valores promedio para las variables de calidad del suelo analizadas. En los ítems subsecuentes se desarrolla análisis de cada uno de estos parámetros en relación con el nivel de pérdida de calidad y contaminación debido al vertimiento de aguas residuales domésticas.

Tabla 11-7. Resumen de datos

Parámetro/ Unidades	Humedad (%)	Carbono total (%)	Carbono orgánico (%)	Carbono inorgánico (%)	Nitrógeno total (mg/L)	Materia orgánica (%)
Promedio	21.74 ± 10.13	3.30 ± 1.15	1.90 ± 0.79	1.40 ± 0.60	0.26 ± 0.25	1.30 ± 0.52
CR	0,47	0,35	0,42	0,43	0,99	0,4
Max	36.86	5.23	3.06	2.42	0.84	2.06
Min	6.93	1.47	0.65	0.26	0.03	0.51

Fuente: propia

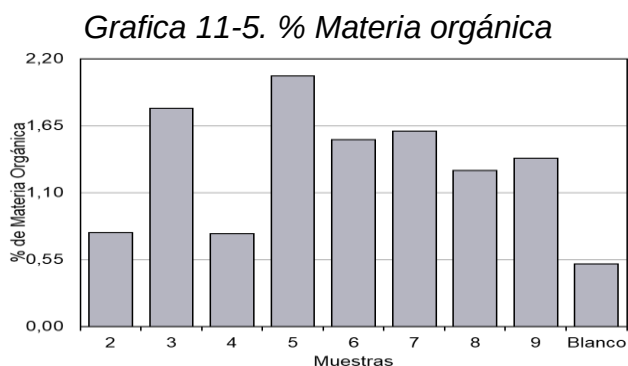
Se debe recalcar que los resultados de la tabla 11-7, hacen parte de ensayos realizados a 9 muestras de suelo alteradas, ubicados en diferentes puntos de la zona de estudio, por lo cual la variación entre máximos y mínimos puede presentar

grandes diferencias como se puede evidenciar en los rangos de humedad y nitrógeno total; siendo estos los ensayos en los cuales se presentan coeficientes de correlación y desviaciones mayores. Estos rangos y variaciones en los resultados se pueden presentar por el nivel de impacto que tendrían los estancamientos y vertimientos de ARD en los suelos.

Humedad

La capacidad de retención de agua en los suelos depende de la textura y estructura. Los suelos cuentan con dos límites de almacenamiento de agua; el límite denominado “capacidad de campo” que se presenta cuando el suelo se encuentra totalmente saturado estando y el límite inferior denominado “punto de marchitamiento permanente” este se define cuando las plantas y/o cobertura vegetal ya no tiene la capacidad de absorber agua del suelo haciendo que se marchiten y mueran si agua adicional no es proporcionada según Zotarelli [32], Esto quiere decir que en suelos arenosos el drenaje es más rápido a comparación de suelos arcillosos, como se evidencia en la comunidad del barrio “El Brillante”, los resultados de contenido de humedad son relativamente elevados, lo cual demuestra que los suelos que se sometieron a laboratorios son muestras que retienen grandes capacidades de humedad. Por lo cual se presentarían estancamientos de ARD, consecuencia de la baja capacidad de drenaje.

Materia orgánica

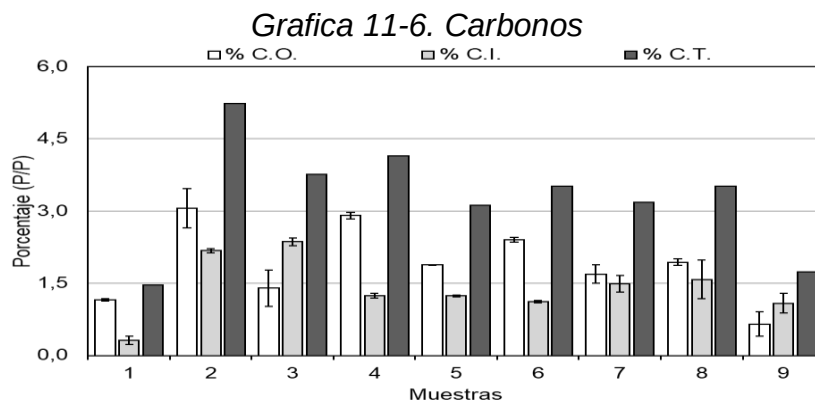


Fuente: propia

Los suelos del llano son bajos en materia orgánica. Como se puede observar los resultados obtenidos de la gráfica No. 11-5, los altos niveles de materia orgánica están directamente relacionados con los aportes que pueden generar las aguas residuales domésticas como lo menciona Brito [30], por lo tanto, estaría afectando de manera directa el normal funcionamiento de los suelos, debido a que los microbios y/o microorganismos que se encuentran en el suelo no tienen la

capacidad para tratar toda la materia orgánica que se está almacenando en los suelos.

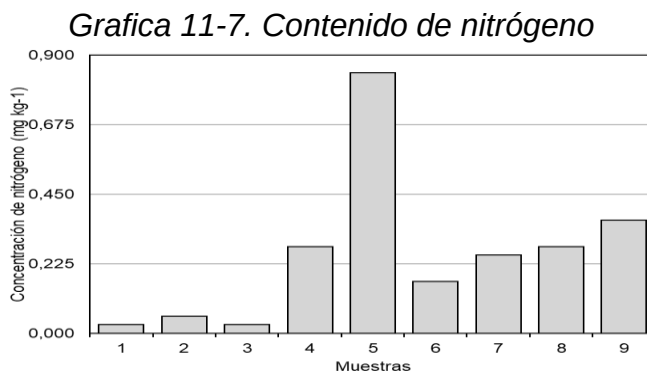
Carbonos (total, inorgánico y orgánico)



Fuente: propia

Según la grafica 11-6 los contenidos de carbono organico que se presentaron en las muestras analizadas, se encuentran por encima de los rangos establecidos por agrentech, los suelos son afectados de manera positiva siempre y cuando el carbono sea de origen natural como lo menciona Galantini [29] , sin embargo, como ya se menciona antes, la sobre carga del suelo por materia organica procedente del estacamiento de ARD, generaria afectaciones quimicas y biologicas según USDA [23].

Nitrógeno total



Fuente: propia.

“Nitrógeno es normalmente el nutriente que limita el crecimiento óptimo de un cultivo. Los análisis de suelos que estiman la disponibilidad de N no se usan pues el N existe en el suelo en muchas formas que cambian durante el transcurso del tiempo e influyen en su disponibilidad para las plantas” según Espinoza [28] y lo observado en la grafica No.11-7 mas de la mitad de las muestras analizadas en

laboratorio presentan niveles elevados de nitrógeno total (0.1%-0.2%) , siendo esto resultado directo del estancamiento de aguas residuales domésticas.

11.4. IMPLEMENTAR UNA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO “EL BRILLANTE”.

En la tabla No 11- 7 se realiza la discusión de la matriz de calificación, fundamentado en los análisis hechos en muestras de suelos y agua, caracterización ambiental, social y económica de la zona de estudio.

Tabla 11-8. Discusión de impactos según matriz de calificación

Componente ambiental		Impacto ambiental asociado	Discusión
Ambiente Físico	Aire	Aumento de la emisión de metano	Según (Grupo de apoyo administrativo , 2013) en los países en desarrollo como Colombia donde la recogida y tratamiento de aguas residuales es poca o inexistente, los sistemas tienden a ser lagunas de estabilización, sistemas de pozo séptico y letrinas, las cuales tienen mayores emisiones de metano.
		Emisión de óxido nítrico y sulfúrico	El estancamiento de aguas residuales domésticas en zonas verdes y áreas públicas son factores que aumentan la emisión de estos gases invernadero
		Alteración del microclima en la zona de estudio	La temperatura de la zona se vea afectada por las reacciones químicas que se presentan por la degradación de la materia orgánica en los estancamientos de ARD
		Generación de malos olores en las zonas donde se desarrollan los vertimientos de ARD	Este impacto ambiental se encuentra entre un rango alto, debido a la intensidad de la acción y el área de extensión se presenta 100% de la zona de estudio, el tiempo de afectación es relativamente corto puesto que al presentarse estancamientos de ARD, en cuestión de horas se presentan estas afectaciones, el riesgo por contaminación es alto, sin embargo, es altamente reversible, una vez que se lleven a cabo soluciones como pozos sépticos y obras hidráulicas adecuadas
		Generación de vectores transmisores de enfermedades	Este impacto ambiental se encuentra entre un rango alto, debido a la intensidad de la acción y el área de extensión se presenta 100% de la zona de estudio, el tiempo de afectación es

			relativamente corto puesto que al presentarse estancamientos de ARD, en cuestión de horas se presentan estas afectaciones, el riesgo por contaminación es alto, sin embargo, es altamente reversible, una vez que se lleven a cabo soluciones como pozos sépticos y obras hidráulicas adecuadas
	Aguas	Disminución de la concentración de oxígeno disuelto en los puntos que vierten ARD directo al río Ocoa	El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Los valores normales varían entre 7.0 y 8.0 mg/L. [19]. Este impacto está directamente relacionado con la disminución de especies acuáticas. Este es un impacto de rango muy alto según la matriz de importancia ver (anexo), los estudios de aguas que se realizaron demostraron los bajos niveles de oxígeno disuelto en los puntos de vertimiento de ARD siendo la media de 4 mg/l en los cuerpos hídricos aledaños
		Aumento de la turbiedad en los puntos de vertimiento de ARD	Basándonos en los parámetros [21] los niveles de turbiedad deberían estar en un valor máximo aceptable de 2 UNT(Unidades Nefelométricas de turbiedad), y según los análisis de calidad de agua realizados para este estudio, el 100% de las muestras se encuentran con niveles por encima de los parámetros de la norma; teniendo como media de 466 UNT. Basándonos en lo mencionado anteriormente, la puntuación ver (anexo) y el nivel de impacto que tiene esta problemática es la adecuada.
		Aumento en la carga de materia orgánica (DQO) en el río Ocoa	El constante vertimiento y la baja capacidad de carga que presentan los puntos analizados anteriormente, determinamos el incremento de materia orgánica sobre los rangos mínimos de DQO. La demanda química de oxígeno es un gran indicador de que tan contaminada puede estar un cuerpo de agua. El aumento de carga de materia orgánica tiene una afectación directa y sinérgica con los demás impactos, corroborándose en la matriz de calificación, intensidad y riesgo que tiene sobre componente del agua
		Aumento en la acidez	La materia orgánica, elementos de aseo,

			químicos y demás fluidos que son vertidos al agua del rio Ocoa están generando una reducción del pH del agua en los puntos de vertimiento como se puede observar en los datos obtenidos
		Aumento de solidos (ST, SSV Y SS)	Las altas concentraciones de solidos (ST, SS y SSV) pueden depositarse en el fondo de un cuerpo de agua, cubriendo organismos acuáticos, huevos, larvas de especies acuáticas. La capa que se genera por la sedimentación de los sólidos puede impedir la transferencia de oxígeno y resultar en la muerte de los organismos enterrados bajo esta como lo menciona [31]
		Perdida de especies acuáticas	Como se mencionó anteriormente la disminución de oxígeno disuelto y aumento de sólidos, entre otros cambios que presentan este medio, se afecta directamente la reproducción de especies acuáticas y alterando su ecosistema
		Alteración de la conductividad del agua	Los altos niveles de materia orgánica que presentan los puntos de vertimiento incrementan la conductividad del agua afectando la productividad primaria e igualmente contribuye a la detección de contaminantes
		Aumento de los niveles de P y N; eutrofización	Los niveles de nitrógeno aumentan la acidez, eutrofización y toxicidad de los ecosistemas acuáticos, que afectan sobrevivencia, crecimiento y capacidad reproductiva de algunas especies acuáticas según [26]
		Deterioro de la calidad del agua para usos domésticos y económicos	Debido a que las ARD no se encuentran dentro de los rangos mínimos de calidad de agua aceptables por el [22], se descarta el uso y reutilización de estos fluidos.
	Suelos	Deterioro de la calidad del suelo	Los estancamientos de ARD son directamente responsables del deterioro del suelo, ya que suministran todo tipo de toxinas y sobrecargan química y biológicamente el suelo
		Alteración de la concentración de nitrógeno en el suelo	Como ya se menciona anteriormente, los altos contenidos de nitrógenos totales en el suelo afectan directamente la capacidad de producción del suelo de la zona.
		Aumento exponencial de la	En los muestreos realizados se observó

		concentración de carbono total en el suelo	que los niveles de carbono están por encima de los rangos según el nivel de productividad como ya se menciona en los análisis anteriores, debido a esto el impacto ambiental afectaría directamente las propiedades físicas y químicas que posee el suelo y su capacidad de producción
		Perdida del suelo por procesos de escorrentía	La zona presenta una pendiente moderada por lo cual se asume que, en eventos de lluvia, la escorrentía superficial transportaría material aguas abajo
		Perdida del potencial del uso para fines agrícolas	Este impacto está directamente asociado al aumento de concentración de carbono y nitrógeno totales en el suelo, lo cual afecta la productividad para fines agrícolas, haciendo de los suelos de esta zona infértiles según [28]
		Alteración de las propiedades físicas del suelo (% humedad y T)	Debido a que los suelos que se presentan en la zona son arcillas, estos cuentan con una gran capacidad de retención de agua
Ambiente Biológico	Flora	Modificación paisajística	Los estancamientos y vertimientos de ARD son los principales actores en la modificación paisajística de la zona, debido a los altos niveles de materia orgánica y nitrógeno
		Perdida de la cobertura Vegetal	Las ARD no solamente cuentan con materia orgánica, en la vivienda es común utilizar químicos para el aseo de estas, lo cual, al finalizar esta acción, los desechos químicos se dispondrían en conjunto de las otras aguas sobrantes, siendo estos químicos los actores principales en la pérdida de cobertura vegetal
		Pérdida de Biodiversidad	Por los impactos generados tanto al componente del agua y el suelo, provocarían a largo plazo el deterioro de la biodiversidad de la zona, debido a los cambios físicos, químicos y biológicos de esta.
	Fauna	Perdida de especies animales por la potencial contaminación del agua	Las especies animales tienen necesidades básicas y una de estas es la ingesta de líquidos para hidratarse, sin embargo, los cuerpos hídricos aledaños a la zona y las aguas estancadas presentan contaminación excesiva y altos niveles de contaminantes según los laboratorios realizados en este documento.

		Disminución de la superficie de los hábitats	El crecimiento poblacional desmesurado y la contaminación del agua y suelo hacen inhabitables estos espacios para las especies nativas
		Proliferación de insectos y roedores transmisores de enfermedades	Los estancamientos de ARD son las condiciones adecuadas para la reproducción de especies transmisoras de enfermedades
Ambiente Socioeconómico	Económico	Perdida de la calidad de vida; inadecuadas condiciones de saneamiento básico	Como se puede observar en las siguientes imágenes. Las condiciones de calidad de vida son inadecuadas según el [5] no cuentan con los servicios básicos de alcantarillado y presentan focos de contaminación por ARD
		Conflictos sociales por los usos del agua y el vertimiento de ARD	En la comunidad del barrio “El Brillante” es común encontrar estancamientos de ARD en las calles y avenidas de la zona, lo cual desencadena múltiples conflictos entre sus residentes por el manejo y disposición de estos residuos
		Desvalorización predial	Teniendo en cuenta que los predios de la zona están en trámites de legalización [13], y mas de la mitad de la viviendas en el sector “El Brillante” no cuentan con servicio de alcantarillado y presentan estos focos de contaminación, son depreciaciones que afectan la valorización predial
		Incremento de la inseguridad en el barrio debido a la generación de áreas contaminadas	La cantidad de zonas contaminadas y el miedo de la comunidad por contagiarse o enfermarse, genera que dichas zonas sean abandonadas y no se encuentren con ningún tipo de vigilancia, lo que conlleva a puntos de inseguridad por personas inescrupulosas
		Afectación estructural de las viviendas	El mal diseño de un pozo séptico puede provocar efectos de percolación y socavación en el suelo afectando su capacidad estructural [20], de esta manera es un punto de gran importancia a tener en cuenta para las soluciones que se diagnosticaran

Fuente: propia

Generación de vectores transmisores de enfermedades

El impacto que genera el aire trasmite un índice de importancia muy elevado, que por medio del aire que se respira se encuentran micropartículas que ocasionan el daño a nuestro organismo, siendo así la fuente de enfermedades respiratorias y

cardiovasculares. Además, enfermedades transmitidas por vectores como los mosquitos capaces de la transferencia de esta, por medio de la alimentación sanguínea.

Disminución de la concentración de oxígeno disuelto en los puntos que vierten ARD directo al río Ocoa

Debido a que la mayoría de las especies acuáticas requieren oxígeno para sobrevivir, la disminución de concentración de oxígeno disuelto que se vierten directamente al río Ocoa Aguas Residuales Domésticas, ARD, pueden causar la muerte, reducción de crecimiento o cambios de estas especies [17].

Aumento de la turbiedad en los puntos de vertimiento de ARD

El aumento de la turbiedad claramente se ve afectada en su transmisión de la luz al agua, debido a la suspensión de materias que se encuentran por el vertimiento de Aguas Residuales Domésticas, ARD, produciendo un impacto negativo productivo primario [18].

Aumento en la carga de materia orgánica (DQO) en el río Ocoa

El aumento de la cantidad de materia orgánica comprendido en el río Ocoa hace que se requiera microorganismos con más proporción de oxígeno para disminuirla.

Aumento de sólidos (ST, SSV Y SS)

El aumento de los sólidos (ST, SSV Y SS) en los cuerpos de aguas se puede depositarse recubriendo a las especies acuáticas, huevos y larvas, generada por la sedimentación de los sólidos evitando la transmisión de oxígeno, siendo un factor considerable en las muertes de estas especies [31].

Alteración de la concentración de nitrógeno en el suelo

La concentración alta de nitrógeno en el suelo afecta de manera directa la proporcionalidad de producir en ese mismo suelo.

Proliferación de insectos y roedores transmisores de enfermedades

La reproducción de las plagas y vectores transmisores de enfermedades se generan por el estancamiento de las Aguas Residuales Domésticas, ARD, afectando la calidad de vida humana y la salud, proporcionando seriedades de enfermedades.

Pérdida de la calidad de vida; inadecuadas condiciones de saneamiento básico

Las malas condiciones de saneamiento básico no cumplen con los requisitos técnicos mínimos establecidos en la norma RAS 2000. Desatando una molesta calidad de vida ocasionada, por las malas conductas de las ARD, despertando un ambiente socioeconómico alarmante.

Registro fotográfico

En las siguientes ilustraciones se puede evidenciar la veracidad de las discusiones ya mencionados, el registro fotográfico es prueba real de la situación que se vive día a día en la comunidad del sector “El Brillante”, las áreas comunes y cuerpos hídricos contaminados.

Tabla 11-9. Registro fotográfico

Imagen	
 Ilustración 11-29. Estancamiento de ARD Fuente: propia	 Ilustración 11-30. Vertimiento de ARD en zonas comunes Fuente: propia
 Ilustración 11-31. Vertimiento directo de ARD Fuente: propia	 Ilustración 11-32. Punto de vertimiento directo de ARD Fuente: propia

Fuente: propia

11.5. ALTERNATIVAS Y SOLUCIONES PARA LA REDUCCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ZONA DE ESTUDIO.

A través de un procedimiento riguroso de recopilación de información, análisis y estudios ejecutados en este proyecto, se realizó una propuesta que solucionaría eventualmente esta problemática de salubridad y contaminación ambiental. En donde se tomó en cuenta la situación económica de la población aledaña y presente en la zona de estudio, se lanzó un diseño sencillo de construir, económico y rápido de ejecutar.

Se propuso un diseño de pozo séptico el cual cuenta con varias cámaras de recepción de las aguas residuales de la vivienda, estas cámaras son:

Trampa de grasas: es un sistema que recibe las aguas de cocinas y lavamanos, en el caso del servicio domiciliario, estas trampas su funciona básica es evitar el ingreso de grasa a los tanques sedimentadores, ya que en los desagües o tuberías de salida a largo plazo se van obstruyendo.

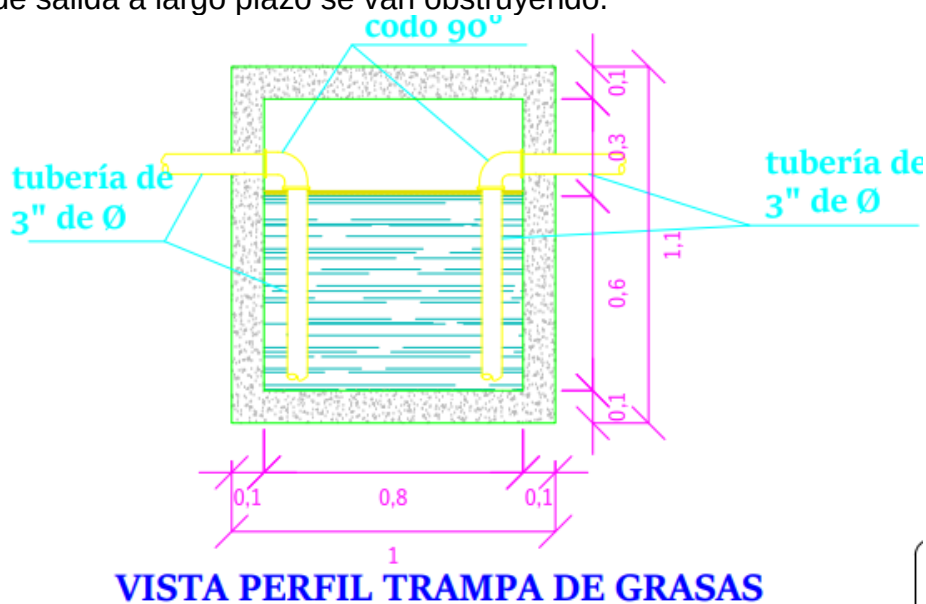


Ilustración 11-33. Trampa de grasas, vista en perfil.

Fuente: propia

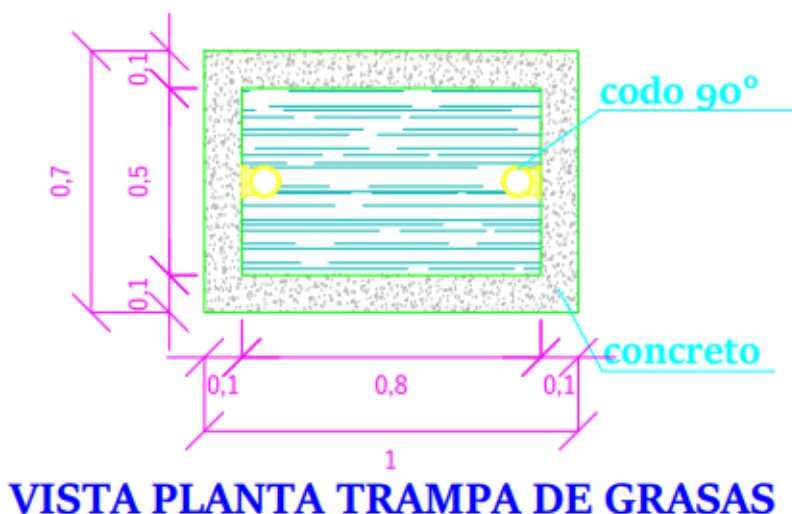
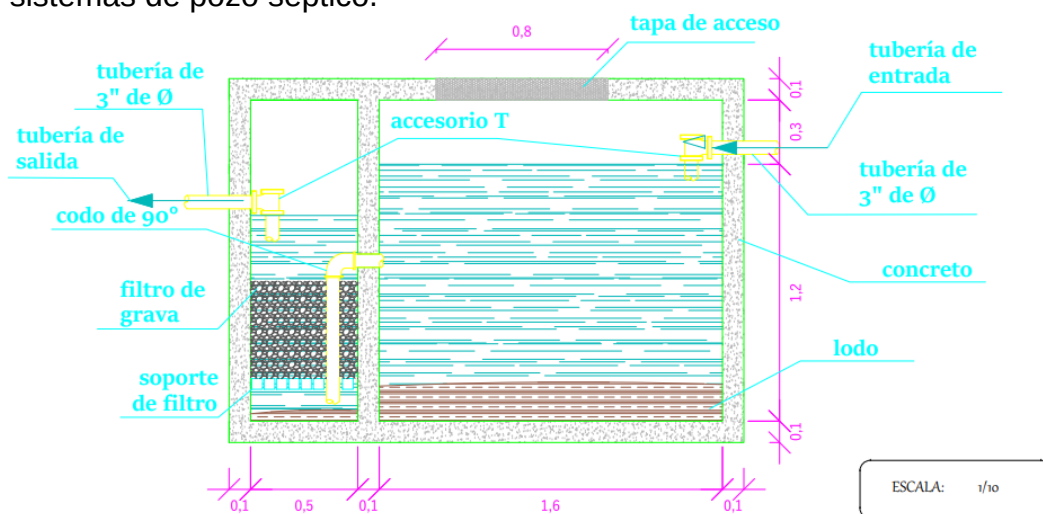


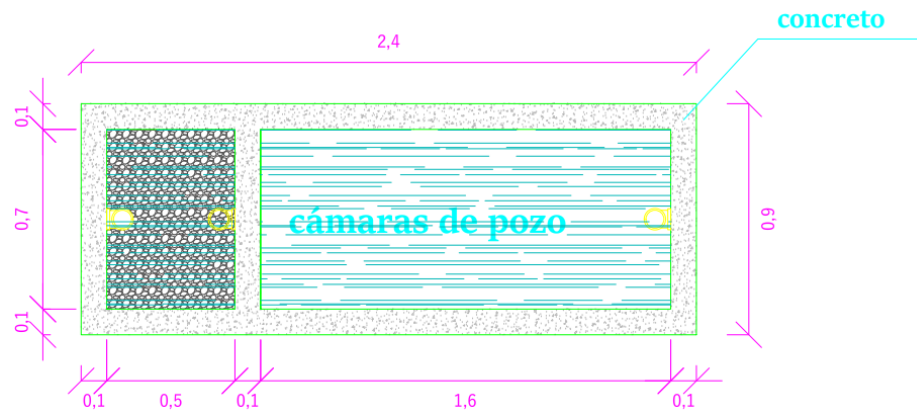
Ilustración 11-34. Trampa de grasas, vista en planta.
Fuente: propia

Cámara de lodos: es el tanque que recibe directamente las aguas negras de la vivienda o viviendas, es donde inicialmente se produce el estancamiento de estas aguas y por ende la descomposición de la materia orgánica, esta descomposición se produce al aplicar un cultivo de bacterias, producto que es vendido para este tipo de sistemas de pozo séptico.



Fuente: propia

Cámara sedimentador o filtro: es el cubículo donde se sedimenta finalmente toda la materia orgánica o sólidos suspendidos que aún quedan.

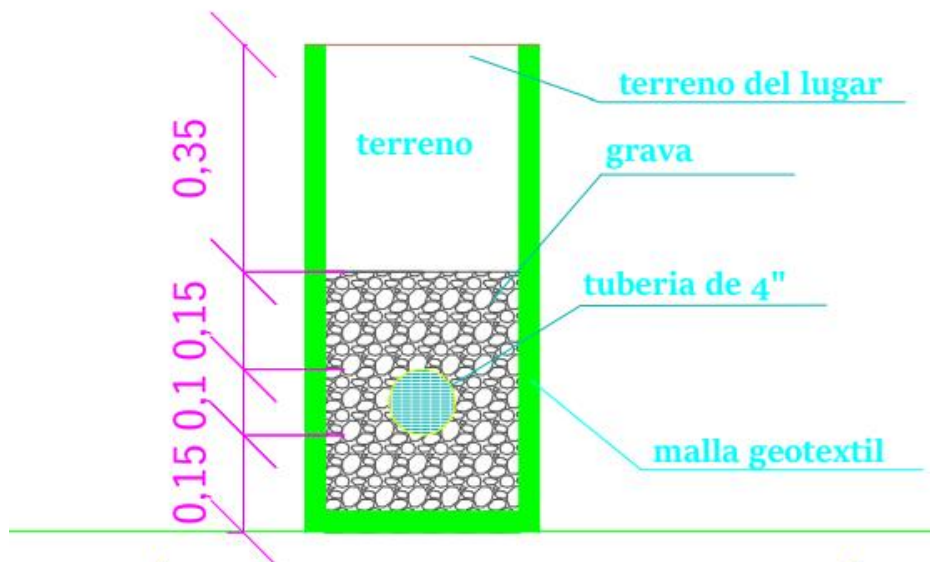


VISTA PLANTA POZO SEPTICO

ESCALA: 1/10

Ilustración 11-36. Cámara 2; tanque sedimentador o filtro final, vistan en planta.
Fuente: propia

Tubería de salida tipo filtro francés: es la tubería de desagüe donde se evacua las aguas residuales, esta tubería tiene huecos a través de su longitud, la tubería en el exterior debe estar protegida por una geotextil y recubierta por una cama de grava, preferiblemente $\frac{3}{4}$, para realizar su función de filtro, son aguas que finalmente sirven para riego, se requiere que su extensión sea mínima de 6 a 8 metros.



SECCIÓN TRANSVERSAL DE FILTRO FRANCÉS

Ilustración 11-37. Perfil transversal del filtro francés.
Fuente: propia

Operación y control del pozo séptico

Inicio: antes de poner en funcionamiento el pozo séptico, este debe ser llenado con agua y si es posible, inoculado con lodo proveniente de otro pozo séptico con el fin de acelerar el desarrollo de los microorganismos anaerobios. [20]

Inspección: el pozo séptico debe inspeccionarse cada año, cuando se trate de instalaciones domésticas y cada seis meses en el caso de establecimientos públicos como escuelas, industrias o comercios. Al abrirla tapa de acceso, se debe tener el cuidado de dejar transcurrir un tiempo hasta que se haya ventilado lo suficiente por que los gases que se acumulan pueden causar asfixia o ser explosivos.

Los pozos sépticos se deben limpiar antes que se acumule demasiada cantidad de lodos y natas, ya que su presencia por encima de determinados niveles conduce a que puedan ser arrastrados a través de la tubería de salida obstruyendo el campo de infiltración.

El pozo séptico se ha de limpiar cuando el fondo de la capa de nata se encuentre a ± 8 cm por encima de la parte más baja de la tubería de salida o cuando la capa de lodos se encuentre ± 30 cm por debajo de la tubería de salida. Es importante revisar la presencia de turbiedad en el líquido final con la presencia de pequeñas partículas de sólidos sedimentables, es un sistema que la nata o los lodos han sobrepasado los límites permisibles y se está afectando severamente el sistema de infiltración. [20]

El espesor de la nata se puede medir con una estaca de madera en cuyo extremo lleve fijada una aleta articulada como se muestra en la ilustración.

- Se procede a atravesar la capa de nata hasta llegar a la zona de sedimentación en donde la aleta se desplazará a la posición horizontal, al levantar la estaca suavemente, se podrá determinar por la resistencia natural que ofrece la nata, el espesor de la misma.

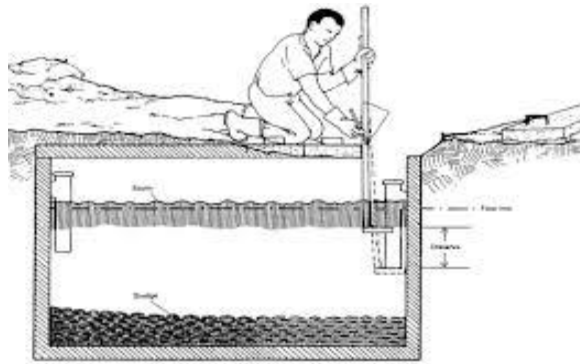


Ilustración 11-38. Inspección de pozo séptico

Fuente: tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones

- para determinar el espesor de lodo y la profundidad del líquido, se utiliza una estaca de madera en cuyo extremo tenga enrollado una tela tipo felpa de una longitud de aproximadamente un metro. Este dispositivo desciende a través de la capa de nata hasta llegar a la base del pozo séptico, después de permanecer aproximadamente un minuto se retira lentamente, una vez extraído la estaca se podrá determinar los niveles de lodos y nata observando las partículas adheridas a esta.

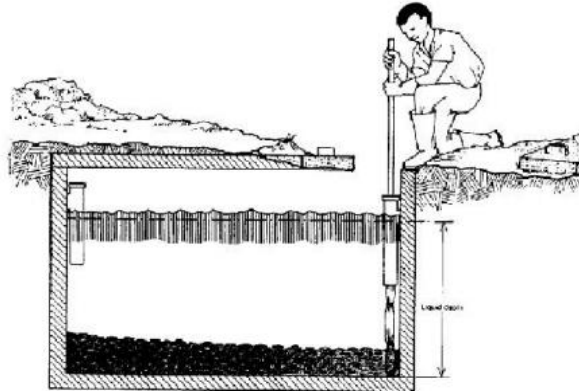


Ilustración 11-39. Determinación de espesor de zona de lodos.

Fuente: tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones

se debe inspeccionar cada 3 o 6 meses para observar la presencia de sedimentos que pudieran afectar la distribución de ARD hacia el sistema de filtración.

Limpieza: la limpieza inicial depende de la intensidad de uso del tanque séptico, por que cuanto mayor sea el uso, el intervalo de limpieza será menor, normalmente se recomienda limpiarlo una vez por año, pero esto depende de su capacidad y diseño [20].

El dispositivo mas empleado para la remocion del lodo del pozo séptico es el carro cisterna equipado con bomba de vacio y manguera. En viviendas pequeñas, dicha limpieza se puede ejecutar con un recipiente dotado de un mango largo para retirarlo del interior del pozo séptico o mediante una bomba manauak que descargye a un recipiente o a un camion tanque.

Para retirar la capa de nata, antes de terminar el retiro de lodos, se esparce en su superficie cal hidratada o ceniza vegetal y con la estaca de madera se procede a mezclar. Esto inducirá que parte de la nata se integre al lodo facilitando su extracción, los remanentes de lodos se podrán extraer mediante trabajo manual con pala. Se recomienda dejar cierta cantidad de lodos para no perder el proceso de microorganismo anaeróbicos que ya tiene el poso séptico [20].

11.6. SOCIALIZACIÓN DE LA ALTERNATIVAS A LA COMUNIDAD BENEFICIADA

Se realizó la socialización a la población beneficiada con este proyecto, en donde se les explico todo el proceso de construcción del proyecto, se buscó con la alternativa tener en cuenta la vulnerabilidad de la población, por ende, se propuso este diseño que cumple su propósito de reducir los impactos ambientales y los problemas de salubridad que se presentan en la comunidad, el diseño es económico, efectivo y sencillo de construir.

Se sustentó todo el proceso de la estructuración del proyecto, desde su inspección visual, revisión bibliográfica, recopilación de información en campo, ensayos de laboratorio y por último la propuesta de la alternativa.



*Ilustración 11-40. Socialización del proyecto a la comunidad.
Fuente: propia*

12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Desarrollo Económico, «Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS - 2000,» Noviembre 2000. [En línea]. Available:
http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf.
- [2] H. Pedrozo Martínez, «Estudio para la construcción de pozos sépticos: Campo Casabe,» 2011. [En línea]. Available:
https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1666/digital_21071.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [3] R. D. Molina Santamaria, «Diagnóstico de la contaminación por aguas residuales domésticas, cuenca baja de la quebrada la macana, San Antonio de prado, municipio de Medellín,» 2010. [En línea]. Available:
<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1304/1/DiagnosticoContaminacionAguasResidualesDomesticas.pdf>.
- [4] L. López Martínez, A. Paredes Giménez y N. Alcaraz Oliver, «Análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia,» Universidad Politécnica de Cartagena , 2010. [En línea]. Available:
<http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2059/apf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [5] J. D. Pérez Aristizábal y J. C. Lorduy Rodríguez, «Evaluación ambiental de vertimientos Zanjón Maldonado - Zajón Sin Nombre,» SAS Consultores Ltda, Diciembre 2014. [En línea]. Available:
http://compromiso.sena.edu.co/no_conformidades/nc_adjuntos/144355791136_1Ev_ambiental_del_Vertimiento.pdf.
- [6] F. Sánchez Sánchez, «Identificación y evaluación de impactos ambientales,» Escuela superior de admonistración pública, Noviembre 2008. [En línea]. Available:
http://www.esap.edu.co/portal/download/m%C3%B3dulos_pregrado/tecnologia/C3%ADa_en_gesti%C3%B3n_p%C3%ABlica_ambiental/semestre_iv/4_identificacion_y_eva_impactos_amb.pdf.
- [7] A. Baracat, B. Klitgaard y W. Milliken, «Neotropikey: recursos interactivos clave y de información para las plantas con flores del Neotropics.,» 2009. [En línea]. Available:
<http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Burmanniaceae.htm>.
- [8] J. S. Usma Oviedo y F. Trujillo González , «Biodiversidad del departamento del Casanare identificación de ecosistemas estratégicos,» 11 Marzo 2011. [En línea]. Available:

- http://www.bdigital.unal.edu.co/6640/1/Biodiversidad_del_Departamento_de_Casanare.pdf.
- [9] J. M. Roa, Interviewee, *historia de la comunidad del barrio "El brillante"*. [Entrevista]. 15 febrero 2019.
- [10] INGEOMINAS, «Zonificación integral por amenazas naturales para la ciudad de Villavicencio - Meta,» Diciembre 2001. [En línea]. Available: <http://recordcenter.sgc.gov.co/B2/11003002524322/documento/pdf/0101243221103000.pdf>.
- [11] R. Botero, «Manejo de explotaciones ganaderas en las sabanas bien drenadas de los Llanos Orientales de Colombia,» Febrero 1989. [En línea]. Available: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/54487/Manejo_explotaciones_ganaderas_sabana.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [12] V. Talavera, L. M. Zapata y D. Sánchez, «Influencia del pH sobre los organismos acuáticos,» Julio 1998. [En línea]. Available: http://www.nicovita.com/extranet/Boletines/jul_98_03.pdf.
- [13] California State Water Resources Control Board, «Folleto Informativo,» 24 Julio 2006. [En línea]. Available: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf.
- [14] M. Espigares García y J. A. Pérez López, «Aguas Residuales Composición,» 2005. [En línea]. Available: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf.
- [15] Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, «Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974,» 18 Diciembre 1974. [En línea]. Available: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf.
- [16] USDA Natural Resources Conservation Service, «Servicio de conservacion de Recursos Naturales,» 1996. [En línea]. Available: <https://www.nrcs.usda.gov/>.
- [17] Corporacion autonoma regional de Cundinamarca, «Permisos de vertimiento,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.car.gov.co/vercontenido/1168#>.
- [18] E. G. M. L. G. d. P. Vicente Cruz Mínguez, «Sistema de evaluacion del impacto ambiental,» 2019. [En línea]. Available: <https://eprints.ucm.es/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>.
- [19] S. M. Aguilera S., «Importancia de la proteccion de la materia organica en suelos,» 2000. [En línea]. Available: <http://www.repositorio.uchile.cl>.
- [20] C. M. Hahn-vonHessberg, D. R. Toro, A. Grajales Quintero, G. M. Duque

- Quintero y L. Serna Uribe, «Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de palestina, colombia,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.co>.
- [21] F. Quiñones, «Impacto ambiental en pozos septicos en Puerto Rico y su diseño y control,» 2019. [En línea]. Available: <https://educacionambientaluprm.files.wordpress.com/2017/07/impacto-de-los-pozos-septicos.pdf>. [Último acceso: 14 12 2015].
- [22] G. L. Cardenas Calvachi y I. A. Sanchez Ortiz , «Recirculating aquaculture system with three phase fluidized bed reactor: Carbon and nitrogen remova,» 6 octubre 2012. [En línea]. Available: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/339780>.
- [23] E. R. Escalante, «Tanques sépticos. Conceptos teoricos base y aplicaciones,» 2003. [En línea]. Available: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/205.
- [24] J. R. R. y. J. I. Galantini, «Determinacion de materia organica en fracciones granulometricas de suelos de la region semiarida bonaerense,» 1994. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Juan_Galantini/publication/259037912_Determinacion_de_materia_organica_en_fracciones_granulometricas_de_suelos_de_la_region_semiarida_bonaerense/links/02e7e529cab8a0cf87000000/Determinacion-de-materia-organica-en-fracc.
- [25] M. Guadarrama Brito y A. Galvan Fernandez, «Impacto del uso de agua residual en la agricultura,» 2015. [En línea]. Available: [file:///D:/Documents/Downloads/Dialnet-ImpactoDelUsoDeAguaResidualEnLaAgricultura-5076403%20\(1\).pdf](file:///D:/Documents/Downloads/Dialnet-ImpactoDelUsoDeAguaResidualEnLaAgricultura-5076403%20(1).pdf).
- [26] M. V. Huanca, «Validacion del metodo de ensayo de solidos totatel suspendidos en matriz de agua residual y cruda en el laboratorio central de la empresa publica social de agua y saneamiento (EPSAS),» 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.umsa.bo/>.
- [27] M. D. D. y. K. T. M. Lincoln Zotarelli, «Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad,» 2013. [En línea]. Available: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FILES/AE/AE49600.pdf>.
- [28] F. A. T. Z. Mario Orlando Suarez Ibujes, «Interaprendizaje de estadística basica,» 2012. [En línea]. Available: [file:///D:/Documents/Downloads/Interaprendizaje%20de%20Estad%20C3%ADstica%20B%20C3%A1sica%202018%20\(1\).pdf](file:///D:/Documents/Downloads/Interaprendizaje%20de%20Estad%20C3%ADstica%20B%20C3%A1sica%202018%20(1).pdf).
- [29] L. L. a. H. Miao, «A specification based approach to testing polymorphic attributes,» November 8-12. [En línea]. Available:

- https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-30482-1_28.
- [30] E. P. Wigner, «Theory of traveling wave optical laser,» 2005. [En línea]. Available: <https://www.semanticscholar.org/>.
- [31] A. Rezi and M. Allam,, «Techniques in array processing by means of transformations,» de *Control and Dynamic Systems Vol. 69*, San Diego, Academic Press, 1995, pp. 133-180.
- [32] Organización mundial de la salud, «Salubridad y calidad del agua,» 2019. [En línea]. Available: https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/es/.
- [33] Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, «RESOLUCIÓN 2115,» 22 JUNIO 2007. [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/>.
- [34] A. C. Sole, «Instrumentación Industrial,» 2006. [En línea]. Available: https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11_11-19-12139942.pdf.
- [35] B. G. A. M. D. M. H. S. Xiomara del Rosario Torres, «Desinfeccion solar del agua,» 03 junio 2003. [En línea]. Available: https://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manual_s.pdf.
- [36] L. Espinoza, N. Slaton y M. Mozaffari, «Estudio preliminar de variables químicas en suelos con procesos de revegetalización en el municipio de Villa de Leyva (Boyaca, Colombia),» 2012. [En línea]. Available: www.uaex.edu.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de evaluación de impacto ambiental

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS POR EL VERTIMINETO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN EL BARRIO "EL BRILLANTE" EN VILLAVICENCIO, META				Etapas de Muestreo y análisis de aguas residuales domésticas (ARD) en pozos sépticos. Etapas de Muestreo y análisis de vertimientos de ARD puntuales al río Ocoa. Etapas de Muestreo y análisis de ARD en hora pico. Etapas de Muestreo y análisis de ARD en hora valle (cuando el caudal es bajo). Etapas de Muestreo y análisis de ARD en invierno. Etapas de Muestreo y análisis de ARD en verano. *Etapas (E)					
C O M P O N E N T E S A M B I	Médico	Componente	Impacto	E1	E2	E3	E4	E5	E6
	Abiótico	Geología	Afectación a puntos geológicos de interés						
			Cambios estructurales del suelo						
			Perdida de suelo						
		Geomorfología	Erosión						
			Modificación Paisajística						
			Socavación						
		Suelo	Cambio en las						

E N T A L E S			condiciones físicoquímicas del suelo						
			Contaminación del suelo						
			Cambio de uso						
		Hidrogeología	Contaminación de Aguas superficiales						
			Interrupción de la red de drenaje natural						
			Alteración de circulación de las aguas						
		Aire	Deterioro de la calidad del aire						
			Aumento en decibeles de ruido						
		Recurso hídrico	Alteración de la calidad del agua						
			Disminución en la capacidad de transporte de agua						
			Alteración del cauce						
	Biótico	Ecosistemas acuáticos	Afectación de la calidad del						

			hábitat acuático						
			Migración de especies acuáticas						
		Flora	Perdida de la cobertura vegetal						
			Pérdida de biodiversidad						
			Perdida de hábitat						
		Fauna	Disminución de la superficie de los hábitats						
			Fragmentación del hábitat						
			afectación en el comportamiento de las especies						
	SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	Demografía	Cambio sobre el componente demográfico						
		Procesos Económicos	Cambio en la dinámica de empleo						
			Cambio en los ingresos de la población						
			Cambio en las actividades						

			económicas						
			Cambio económico por modificación uso del suelo						
		Dimensión político administrativos	Generación de expectativas sociales						
			Cambio en la capacidad de gestión y participación de la comunidad						
			Afectación a las propiedades						
			Cambios en la seguridad pública						
		Dimensión Cultural	Pérdida, daño y/o afectación al patrimonio arqueológico						
									
Impactos positivos		Impactos negativos							

Fuente: propia

METODO CONESA SIMPLIFICADO

Vicente Conesa, ingeniero español y otros colaboradores formularon en 1993 una metodología para la evaluación del impacto ambiental. Su utilización es bastante compleja y es por eso que algunos expertos en EIA han hecho una simplificación de su método utilizando los criterios y el algoritmo del método original, pero sin cumplir todos los pasos que establece Conesa en su propuesta.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

CRITERIOS		SIGNIFICADO
Signo	positivo(+)/ negativo (-)	Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados
Intensidad	IN	Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Varía entre 1 y 12, siendo 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y 1 una mínima afectación.
Extensión	EX	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8). Cuando el efecto se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondía en función del % de extensión en que se manifiesta
Momento	MO	Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año, Corto plazo, asignándole en ambos casos un valor de cuatro (4). Si es un período de tiempo mayor a cinco años, Largo Plazo (1).
Persistencia	PE	Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras
Reversibilidad	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deje de actuar sobre el medio.
Recuperabilidad	MC	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental). Cuando el efecto es irreparable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de ocho (8). En caso de ser irreparable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será cuatro
Sinergia	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
Acumulación	AC	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4).
Efecto	EF	Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta, o indirecto o secundario, cuando la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.
Periodicidad	PR	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo)

Fuente: metodología de evaluación de Leopold

ALGORITMO

$$I = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

IN = Intensidad
MO = Momento
RV = Reversibilidad
AC = Acumulación
PR = Periodicidad
EX = Extensión
PE = Persistencia
SI = Sinergia
EF = Efecto
MC = Recuperabilidad

RANGOS PARA EL CALCULO DE LA IMPORTANCIA AMBIENTAL

CRITERIO/RANGO	CALIF.	CRITERIO/RANGO	CALIF.
NATURALEZA		INTENSIDAD (IN) (Grado de destrucción)	
Impacto benéfico	+	Baja	1
Impacto perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX)		MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio Plazo	2
Extensa	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE)		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4

CRITERIO/RANGO	CALIF.	CRITERIO/RANGO	CALIF.
SINERGIA (SI)		ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
EFFECTO (EF)		PERIODICIDAD (PR)	
Indirecto (secundario)	1	Irregular o aperiódico o discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC)		IMPORTANCIA (I)	
Recuperable inmediato	1	$I = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	
Recuperable a medio plazo	2		
Mitigable o compensable	4		
Irrecuperable	8		

 Inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles con el ambiente
 Entre 25 y 50 son impactos moderados.
 Entre 50 y 75 son severos
 Superiores a 75 son críticos

Fuente: metodología de evaluación de Leopold

Atributos de los Impactos Ambientales	Símbolo
Carácter o Naturaleza	N
Intensidad	I
Área de Influencia	AI
Plazo de manifestación o Momento	PZ
Permanencia del efecto	PE
Reversibilidad	RV
Recuperabilidad	RE
Sinergia	S
Acumulación	AC
Relación Causa-Efecto	RCE
Regularización de Manifestación	RM

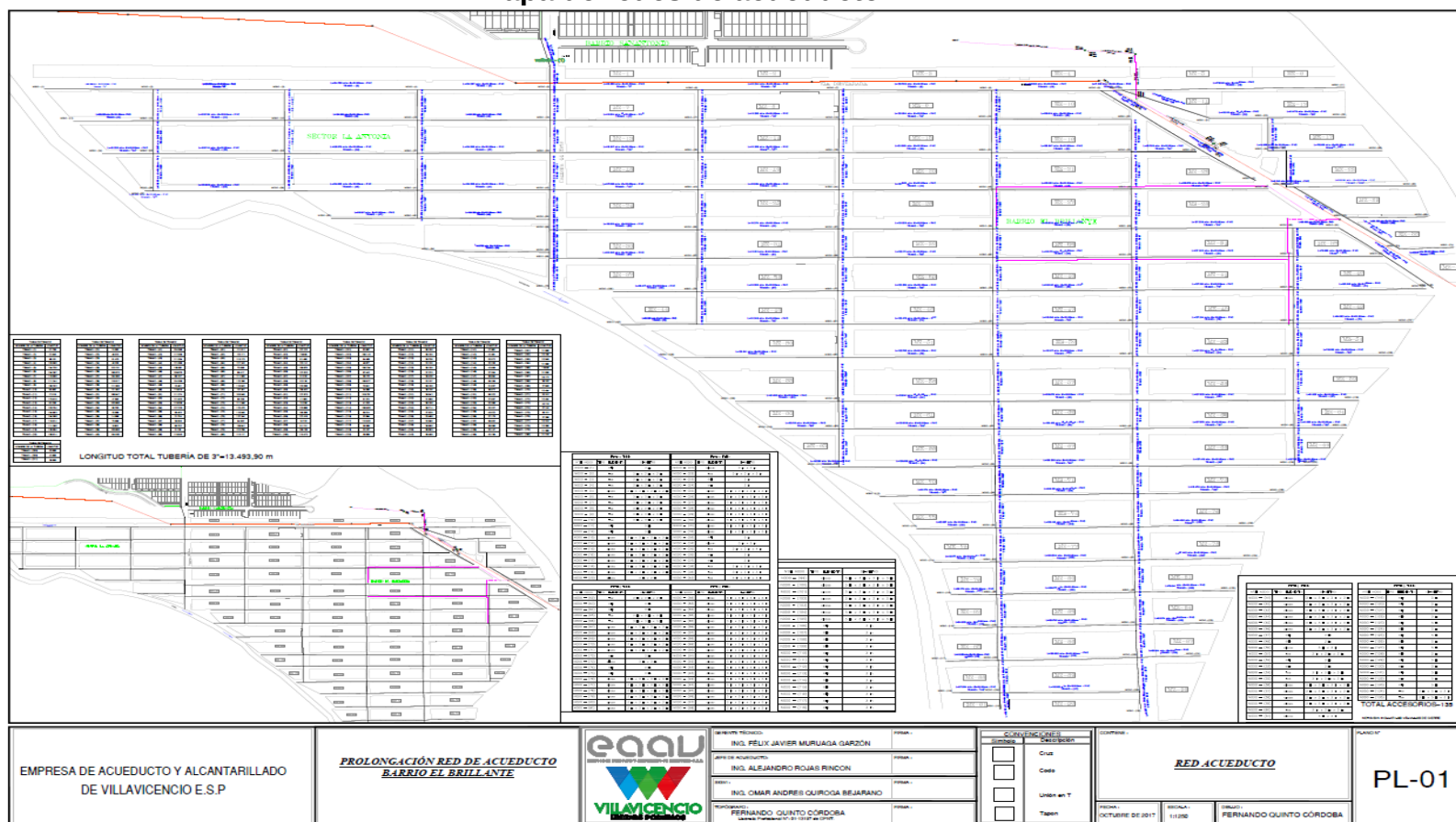
Atributos de los Impactos Ambientales			
Intensidad		Área de influencia (AI)	
Baja	2	Puntual	2
Media	4	Local	4
Alta	8	Regional	8
Muy Alta	12	Extraregional	12
Plazo de manifestación (PZ)		Permanencia del efecto (PE)	
Largo plazo	1	Fugaz	1
Medio plazo	2	Temporal	2
Inmediato	4	Permanente	4
Reversibilidad (RV)		Sinergia (S)	
Corto plazo	1	Sin sinergismo	1
Medio plazo	2	Sinérgico	2
Irreversible	4	Muy sinérgico	4
Acumulación (AC)		Relación causa-efecto (RCE)	
Simple	1	Indirecto	1
Acumulativo	4	Directo	4
Regularidad de manifestación (RM)		Recuperabilidad (RE)	
Irregular	2	Recuperable	2
Periódico	4	Mitigable	4
Continuo	8	Irrecuperable	8

Importancia del Impacto	Índice de Importancia (IM)	Color
Leve	IM < 25	
Moderado	25 ≤ IM ≤ 50	
Alto	50 ≤ IM ≤ 75	
Muy Alto	75 ≤ IM	

$$IM = N * (3 * I + 2 * AI + PZ + PE + RV + RE + S + AC + RCE + RM)$$

Fuente: metodología de puntuación de Leopold

Mapa de redes de acueducto



Fuente: empresa de acueducto y alcantarillado de villavicencio E.S.P