

**DIAGNÓSTICO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS AMBIENTALES,  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES DE  
GASOLINA Y LAVADEROS VEHICULARES**

**ANDRES FELIPE ROJAS AVILA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2010**

**DIAGNÓSTICO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS AMBIENTALES,  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES DE  
GASOLINA Y LAVADEROS VEHICULARES**

**ANDRÉS FELIPE ROJAS ÁVILA**

**Trabajo práctica empresarial**

**Director de Proyectos Ambientales:  
CESAR ENRIQUE ROJAS IBAÑEZ  
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**Coordinadora de Práctica Empresarial:  
MARIA NATHALIA CHAPARRO  
INGENIERA AMBIENTAL**

**Director de Práctica Empresarial:  
MsC. LUIS EDUARDO CASTILLO MEZA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2010**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bucaramanga, Marzo de 2010

*Dedico el esfuerzo de todo el trabajo realizado, a mis padres que siempre me han brindado su confianza y apoyo de manera incondicional, a mi familia en general que me ha acompañado en todos los momentos y etapas importantes de mi vida, a mis amigos que siempre han sido la voz de aliento en los momentos difíciles y finalmente a mis compañeros de trabajo que sin sus enseñanzas y acompañamiento profesional no habría sido posible culminar con esta labor.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres Henry y Rosalba por regalarme la vida, porque siempre han sido ejemplo de superación y lucha constante, por enseñarme a ser una persona de bien resaltando siempre valores como la responsabilidad, honestidad y liderazgo, y finalmente por haberme brindado su apoyo, confianza y compañía en todos los aspectos para mi realización profesional.

A mi sobrino Andrés Santiago, quien desde su llegada ha llenado de brillo y alegría nuestro hogar y se ha convertido en la brújula y el motor que me guían e impulsan día a día.

A mis amigos que me han acompañado durante mi formación personal y profesional, con quienes he vivido momentos inolvidables, de quienes he aprendido y he enseñado infinidad de cosas, durante el recorrido que hemos hecho por la universidad de la vida y que sobre todo me han brindado la mano en los momentos difíciles.

A la Universidad Pontificia Bolivariana que además de ofrecerme los conocimientos y bases necesarias, para desempeñarme como un Ingeniero Ambiental, también inculco en mi la ética y la moral que me ayudaran a convertirme en un profesional integral que trabaja diariamente en pro de una mejor sociedad.

A GYR Ingeniería Ltda., por abrirme sus puertas con el ánimo y disposición de regalarme un espacio donde desarrollar mi práctica empresarial, esta empresa fue un lugar donde adquirí conocimientos invaluable por parte de mis directivos y compañeros de trabajo, que sin duda alguna van ser pilares en mi forjamiento como Ingeniero Ambiental.

Finalmente a Cesar Enrique Rojas y Luis Eduardo Castillo, quienes fueron excelentes docentes durante mi paso por sus aulas de clase y que como directores de mi práctica empresarial me dieron el apoyo y la orientación necesaria para dar feliz término a este trabajo.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	226
1. OBJETIVOS	28
1.1 OBJETIVOS GENERALES	28
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	28
2. DESCRIPCION DE LA EMPRESA	29
2.1 NOMBRE Y UBICACIÓN DE LA EMPRESA:	29
2.2 SERVICIOS DE G&R INGENIERÍA LTDA.	29
2.2.1 Estudios ambientales	30
2.2.2 Aguas y saneamiento	30
2.2.3 Servicios básicos	31
2.2.4 Estructura organizacional de GYR Ingeniería LTDA.	32
3. ACTIVIDADES A REALIZAR Y METODOLOGÍA.	33
3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA A APLICAR	33
3.2 FASE PRELIMINAR	34
3.2.1 Visita de campo a las estaciones de servicio	34
3.2.2 Revisión y evaluación de la información existente.	34
3.2.3 Visita de identificación de las áreas de interés ambiental.	35
3.3 FASE DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.	35
3.3.1 Ajuste, rediseño, elaboración de planos y presentación de la información requerida por la autoridad ambiental.	35
3.3.2 Acompañamiento a las visitas programadas por los funcionarios de la autoridad ambiental competente.	35
3.3.3 Acompañamiento al equipo técnico de interventoría, en la construcción de las unidades de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales viabilizadas por la autoridad ambiental competente.	35
3.4 FASE DE VERIFICACIÓN	36
3.4.1 Realización del estudio de caracterización, auditado por los funcionarios de la autoridad ambiental.	36
3.4.2 Evaluación de la información recolectada en la caracterización y elaboración del documento técnico.	36
3.4.3 Radicación de documentos requeridos para la obtención del permiso de vertimientos en beneficio de las EDS ante la autoridad ambiental competente.	36

4. MARCO TEORICO	38
4.1 GENERALIDADES	38
4.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO CONVENCIONALES.	41
4.2.1 Sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales convencionales.	41
4.2.2 Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas convencionales.	46
5. ACTIVIDADES REALIZADAS	53
5.1 ESTACIÓN 1	54
5.1.1 Visita de campo de la estación de servicio (EDS ESTACIÓN 1)	54
5.1.1.1 Localización.	54
5.1.1.2 Generalidades.	54
5.1.1.3 Sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existentes	55
5.1.1.4 Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas existentes.	57
5.1.2 Revisión y evaluación de la información existente.	58
5.1.3 Visita de identificación de las áreas de interés ambiental.	61
5.1.4 Ajuste y Rediseño de las Unidades Existentes EDS ESTACIÓN 1	63
5.1.4.1 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Industriales Provenientes De La Zona De Islas EDS ESTACIÓN 1.	63
5.1.4.2 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Industriales Provenientes Del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 1.	64
5.1.4.3 Manual de Mantenimiento Tren de Tratamiento Aguas Residuales Industriales EDS ESTACIÓN 1.	70
5.1.4.4 Cantidades De Obra Y Presupuesto lavadero EDS ESTACIÓN 1.	72
5.1.4.5 Unidades de tratamiento de aguas residuales industriales construidas lavadero vehicular EDS ESTACIÓN 1.	74
5.1.4.6 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Domesticas EDS ESTACIÓN 1.	75
5.1.4.7 Manual De Mantenimiento Tren De Tratamiento Aguas Residuales Domesticas EDS ESTACIÓN 1.	80
5.1.4.8 Cantidades De Obra Y Presupuesto Zona de Baños EDS ESTACIÓN 1.	82
5.1.4.9 Unidades de tratamiento de aguas residuales domésticas construidas EDS ESTACIÓN 1.	84
5.1.5 Evaluación de La Operación Y Funcionamiento de Los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Construidos EDS ESTACIÓN 1.	85

5.1.5.1 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 1.	86
5.1.5.2 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 1.	90
5.1.5.3 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 1.	91
5.1.5.4 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 1.	98
5.1.5.5 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Provenientes de Las Baterías Sanitarias Existentes En La EDS ESTACIÓN 1.	100
5.1.5.6 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas EDS ESTACIÓN 1.	107
5.2 ESTACIÓN 2	108
5.2.1 Visita De Campo A La Estación De Servicio ( EDS Estación 2)	108
5.2.1.1 Localización.	108
5.2.1.2 Generalidades..	109
5.2.1.3 Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales Industriales Existente.	109
5.2.1.4 Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas Existente..	113
5.2.1.5 Revisión y Evaluación de la Información Existente..	114
5.2.1.6 Visita De Identificación De Las Áreas De Interés Ambiental..	115
5.2.2 Ajuste y Rediseño de las Unidades Existentes EDS ESTACIÓN 2	116
5.2.2.1 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Industriales EDS ESTACIÓN 2.	116
5.2.2.2 Manual De Mantenimiento Unidades de Tratamiento Aguas Residuales Industriales EDS ESTACIÓN 2..	119
5.2.2.3 Cantidades De Obra Y Presupuesto EDS ESTACIÓN 2.	120
5.2.2.4 Sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido EDS ESTACIÓN 2.	122
5.2.2.5 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Domesticas EDS ESTACIÓN 2.	122
5.2.2.6 Manual De Mantenimiento Unidades de Tratamiento Aguas Residuales Domésticas EDS ESTACIÓN 2.	129
5.2.2.7 Cantidades De Obra Y Presupuesto EDS ESTACIÓN 2.	132

5.2.2.8 Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido EDS ESTACIÓN 2.	134
5.2.3 Evaluación de La Operación Y Funcionamiento de Los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Construidos EDS ESTACIÓN 2.	135
5.2.3.1 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 2.	136
5.2.3.2 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 2.	141
5.2.3.3 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Provenientes de La Cafetería Y Las Baterías Sanitarias Existentes En La EDS ESTACIÓN 2.	142
5.2.3.4 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas EDS ESTACIÓN 2.	151
5.3 ESTACIÓN 3	153
5.3.1 Visita De Campo A La Estación De Servicio (EDS ESTACIÓN 3)	153
5.3.1.1 Localización.	153
5.3.1.2 Generalidades.	153
5.3.1.3 Sistema De Tratamiento De Aguas Industriales Existentes	154
5.3.1.4 Revisión Y Evaluación De La Información Existente.	156
5.3.1.5 Visita de identificación de las áreas de interés ambiental.	158
5.3.2 Ajuste y Rediseño de las Unidades Existentes EDS ESTACIÓN 3	158
5.3.2.1 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Industriales Provenientes De La Zona De Islas EDS ESTACIÓN 3.	158
5.3.2.2 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Industriales Provenientes Del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 3.	159
5.3.2.3 Manual De Mantenimiento EDS ESTACIÓN 3	165
5.3.2.4 Cantidad de Obra y Presupuesto.	166
5.3.2.5 Sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido EDS ESTACIÓN 3.	168
5.3.3 Evaluación de La Operación y Funcionamiento de Los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Construidos EDS ESTACIÓN 3.	169
5.3.3.1 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 3.	169

5.3.3.2 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 3.	175
5.3.3.3 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 3.	176
5.3.3.4 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 3.	183
CONCLUSIONES	185
RECOMENDACIONES	191
BIBLIOGRAFIA	193

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Vertimiento a un cuerpo de Agua Art 72 Decreto 1594 de 1984	38
Tabla 2. Vertimiento a una red de alcantarillado Art 73 Decreto 1594 de 1984	38
Tabla 3. Aportes Per Cápita Para Aguas Residuales Domésticas	39
Tabla 4. Concentraciones típicas en aguas residuales domésticas no tratadas	39
Tabla 5. Concentraciones típicas en lavaderos vehiculares	40
Tabla 6. Clasificación de lavaderos	40
Tabla 7. Dimensiones Típicas Rejas De Barras Y Canales Colectores	42
Tabla 8. Dimensionamiento Zanjas De Infiltración.	50
Tabla 9. TRH trampa de grasas	52
Tabla 10. Resultados caracterización STAR Isla EDS (ESTACIÓN 1)	58
Tabla 11. Cálculo de carga STAR Isla EDS (ESTACIÓN 1)	59
Tabla 12. Eficiencia STAR Isla EDS (ESTACIÓN 1)	59
Tabla 13. Resultados caracterización lavadero Vehicular (ESTACIÓN 1)	60
Tabla 14. Calculo de carga Lavadero Vehicular (ESTACIÓN 1)	60
Tabla 15. Calculo de remoción del Humedal (ESTACIÓN 1)	61
Tabla 16. Memorias de cálculo canal colector lavadero EDS ESTACIÓN 1	65
Tabla 17. Parámetros de Diseño Caja de Aforo lavadero EDS ESTACIÓN 1	67
Tabla 18. Parámetros de diseño desarenador de flujo horizontal lavadero EDS ESTACIÓN 1	67
Tabla 19. Parámetros de diseño filtro de flujo ascendente lavadero EDS ESTACIÓN 1	69
Tabla 20. Cantidades de obra y presupuesto lavadero EDS ESTACIÓN 1.	73
Tabla 21. Parámetros de diseño tanque séptico aguas domésticas EDS ESTACIÓN 1.	77
Tabla 22. Parámetros de diseño filtro anaerobio de flujo ascendente domésticas EDS ESTACIÓN 1	78
Tabla 23. Parámetros de diseño zanjas de infiltración aguas domésticas EDS ESTACIÓN 1	79
Tabla 24. Cantidades de obra aguas domésticas EDS ESTACIÓN 1	83
Tabla 25. Presupuesto general aguas domésticas EDS ESTACIÓN 1	83
Tabla 26. Parámetro In Situ EDS ESTACIÓN 1	86

Tabla 27. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio zona de islas EDS ESTACIÓN 1	88
Tabla 28. Calculo de carga contaminante STARI EDS ESTACIÓN 1	89
Tabla 29. Eficiencia STARI EDS ESTACIÓN 1	89
Tabla 30. Comparación eficiencia del sistema y decreto 1594 del 1984 zona de islas EDS ESTACIÓN 1	90
Tabla 31. Datos de campo afluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 1	92
Tabla 32. Datos de campo efluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 1	93
Tabla 33. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ lavadero EDS ESTACIÓN 1	95
Tabla 34. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio lavadero EDS ESTACIÓN 1	96
Tabla 35. Calculo de carga contaminante STARI lavadero EDS ESTACIÓN 1	97
Tabla 36. Eficiencia STARI lavadero EDS ESTACIÓN 1	97
Tabla 37. Comparación eficiencia del sistema y decreto 1594 del 1984 lavadero EDS ESTACIÓN 1	98
Tabla 38. Datos de campo afluente STAR domésticas EDS ESTACIÓN 1	101
Tabla 39. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ Domésticas EDS ESTACIÓN 1	102
Tabla 40. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio STAR domésticas EDS ESTACIÓN 1	103
Tabla 41. Calculo de carga contaminante afluente STAR domésticas EDS ESTACIÓN 1	105
Tabla 42. Comparación aporte carga per cápita	106
Tabla 43. Comparación Tiempo de Retención Hidráulico Unidades EDS ESTACIÓN 1	106
Tabla 44. Resultados caracterización pozo séptico (ESTACIÓN 2)	114
Tabla 45. Cálculo de carga pozo séptico (ESTACIÓN 2)	114
Tabla 46. Cálculo remoción pozo séptico (ESTACIÓN 2)	115
Tabla 47. Parámetros de diseño Filtro de flujo ascendente.	118
Tabla 48. Cantidades de obra y presupuesto zona de islas EDS ESTACIÓN 2	121
Tabla 49. Parámetros de Diseño Para Trampas de Grasa cafetería EDS ESTACIÓN 2	125
Tabla 50. Parámetros de diseño tanque séptico baños EDS ESTACIÓN 2	125
Tabla 51. Parámetros de diseño filtro de anaerobio de flujo ascendente baños EDS ESTACIÓN 2.	127

Tabla 52. Parámetros de diseño zanjas de infiltración disposición final baños EDS ESTACIÓN 2.	128
Tabla 53. Cantidades de obra baños EDS ESTACIÓN 2	132
Tabla 54. Presupuesto general baños EDS ESTACIÓN 2	133
Tabla 55. Parámetros medidos In Situ Islas EDS ESTACIÓN 2.	138
Tabla 56. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio zona de islas EDS ESTACIÓN 2	139
Tabla 57. Calculo de carga contaminante STARI zona de islas EDS ESTACIÓN 2	140
Tabla 58. Eficiencia STARI zona de islas EDS ESTACIÓN 2	140
Tabla 59. Datos de campo afluente trampa de grasas EDS ESTACIÓN 2	143
Tabla 60. Datos de campo afluente tanque séptico EDS ESTACIÓN 2	143
Tabla 61. Datos de campo efluente filtro anaerobio de flujo ascendente EDS ESTACIÓN 2	144
Tabla 62. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ Domésticas EDS ESTACIÓN 2	146
Tabla 63. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio domésticas EDS ESTACIÓN 2	147
Tabla 64. Calculo de carga contaminante STAR domésticas EDS ESTACIÓN 2	149
Tabla 65. Comparación aporte carga per cápita	150
Tabla 66. Comparación Tiempo de Retención Hidráulico Unidades EDS ESTACIÓN 1	150
Tabla 67. Resultados caracterización lavadero (ESTACIÓN 3)	157
Tabla 68. Cálculo carga STAR lavadero (ESTACIÓN 3)	157
Tabla 69. Cálculo porcentaje de remoción STAR lavadero (ESTACIÓN 3)	157
Tabla 70. Parámetros de diseño canal recolector lavadero EDS ESTACIÓ 3	160
Tabla 71. Parámetros de Diseño Caja de Aforo lavadero EDS ESTACIÓ 3	161
Tabla 72. Parámetros de diseño desarenador de flujo horizontal lavadero EDS ESTACIÓN 3	162
Tabla 73. Parámetros de diseño Filtro de grava lavadero EDS ESTACIÓ 3.	163
Tabla 74. Cantidades de obra y presupuesto	167
Tabla 75. Parámetro In Situ EDS ESTACIÓN 3	171
Tabla 76. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio zona de islas EDS ESTACIÓN 3	172

Tabla 77. Calculo de carga contaminante STARI zona de islas EDS ESTACIÓN 3	174
Tabla 78. Eficiencia STARI zona de islas EDS ESTACIÓN 3	174
Tabla 79. Comparación eficiencia del sistema y decreto 1594 del 1984 STARI zona de islas EDS ESTACIÓN 3	175
Tabla 80. Datos de campo afluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3	177
Tabla 81. Datos de campo efluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3	177
Tabla 82. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ lavadero EDS ESTACIÓN 3	179
Tabla 83. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio lavadero EDS ESTACIÓN 3	180
Tabla 84. Calculo de carga contaminante STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3	182
Tabla 85. Eficiencia STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3	182
Tabla 86. Comparación eficiencia del sistema y decreto 1594 del 1984 STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3	183

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. ESTACIÓN 1	54
Fotografía 2. Lavadero ESTACIÓN 1	55
Fotografía 3. Quebrada La Burra	56
Fotografía 4. Sistema de tratamiento existente (ESTACIÓN 1)	58
Fotografía 5. Laguna receptora de vertimientos.	62
Fotografía 6. Zona destinada para la construcción de los nuevos sistemas de tratamiento (ESTACIÓN 1).	63
Fotografía 7. Área de localización canal colector lavadero EDS ESTACIÓN 1.	65
Fotografía 8. Canal colector con rejilla	74
Fotografía 9. Caja de aforo	74
Fotografía 10. Desarenador trampa de grasas	75
Fotografía 11. Filtro de flujo ascendente	75
Fotografía 12. Tren de tratamiento aguas residuales doméstica	84
Fotografía 13. Filtro anaerobio de flujo ascendente aguas domésticas EDS ESTACIÓN 1	84
Fotografía 14. ESTACIÓN 2	109
Fotografía 15. Sistema Prefabricado ZEPPINI existente EDS ESTACIÓN 2.	112
Fotografía 16. Disposición final actual zona de islas EDS ESTACIÓN 2	112
Fotografía 17. Pozo séptico existente EDS ESTACIÓN 2	113
Fotografía 18. Terreno destinado para realizar la construcción del nuevo sistema	116
Fotografía 19. Filtro de Grava de Flujo Ascendente	122
Fotografía 20. Trampa de Grasas cafetería EDS ESTACIÓN 2	134
Fotografía 21. Tanque séptico baños EDS ESTACIÓN 2	134
Fotografía 22. Filtro anaerobio de flujo ascendente baños EDS ESTACIÓN 2	135
Fotografía 23. Caja de distribución zanjas de infiltración baños EDS ESTACIÓN 2	135
Fotografía 24. EDS ESTACIÓN 3	153
Fotografía 25. Sistema de tratamiento existente (ESTACIÓN 3)	156
Fotografía 26. Canal colector con rejilla	168
Fotografía 27. Tren de tratamiento	168

## LISTADO DE ESQUEMAS

	Pág.
Esquema 1. Localización G&R Ingeniería LTDA.	29
Esquema 2. Organigrama GYR Ingeniería Ltda.	32
Esquema 3. Metodología	33
Esquema 4. Tratamiento de lavaderos tipo I, II, IV	40
Esquema 5. Tren de tratamiento lavadero vehicular EDS Estación 1	64
Esquema 6. Tren de tratamiento baterías sanitarias EDS Estación 1	76
Esquema 7. Tren de tratamiento zona de islas EDS ESTACIÓN 2	117
Esquema 8. Tren de tratamiento aguas residuales domésticas EDS ESTACIÓN 2	123
Esquema 9. Tren de tratamiento lavadero EDS ESTACIÓN 3	159

## LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Canal Colector Con Rejilla	41
Imagen 2. Caja De Aforo	43
Imagen 3. Desarenador Y Trampa Grasas	44
Imagen 4. Filtro De Grava Flujo Ascendente	46
Imagen 5. Tanque Séptico	48
Imagen 6. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	49
Imagen 7. Zanja De Infiltración	51
Imagen 8. Trampa de Grasas	52
Imagen 9. Sistema Prefabricado ZEPPINI.	111

## GLOSARIO

**Afluente:** Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento. [1]

**Aguas residuales:** Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria. [1]

**Aguas servidas:** Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales. [1]

**Análisis:** Examen del agua, agua residual, efectuado por un laboratorio. [1]

**CAR:** Corporaciones Autónomas Regionales.

**CDMB:** Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga

**Combustible:** Materiales que pueden ser incinerados a una temperatura específica, en presencia de aire para liberar energía calorífica. [1]

**Concentración:** Denomínese concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene. [1]

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ó Demanda de oxígeno** Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable. [1]

**Demanda Química de Oxígeno (DQO)** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas. [1]

**Descomposición anaerobia** Degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular por efecto de microorganismos. Usualmente va acompañada de la generación de ácidos y gas metano. [1]

**EDS:** Estación de servicio

**Efluente** Líquido que sale de un proceso de tratamiento. [1]

**FAFA:** Filtro anaerobio de flujo ascendente

**G&A:** Grasas y aceites

**Muestra compuesta** Mezcla de varias muestras alícuotas instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. [1]

**Muestra puntual** Muestra de agua residual tomada al azar en un momento determinado para su análisis. Algunos parámetros deben determinarse in situ y otros en el laboratorio. [1]

**pH** Logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones hidrógeno, en moles por litro. [1]

**STAR:** Sistema de tratamiento de aguas residuales.

**STARI:** Sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales.

**SST:** Sólidos suspendidos totales

**Tiempo de retención hidráulica** Tiempo medio teórico que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento. Usualmente se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil. [1]

**Zona de Islas:** sitio de abastecimiento de combustible, donde se encuentran las maquinas surtidoras fijas.

## RESUMEN

**TITULO:** DIAGNÓSTICO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS AMBIENTALES, PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES DE GASOLINA Y LAVADEROS VEHICULARES.

**AUTOR:** ANDRÉS FELIPE ROJAS ÁVILA

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR:** Msc. LUIS EDUARDO CASTILLO MEZA

En este trabajo se presentan los diseños de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, contruidos para el manejo de los residuos líquidos generados en las zonas de islas, lavaderos vehiculares, cafeterías y baños de 3 Estaciones De Servicio (EDS), las cuales para efectos de confidencialidad fueron denominadas EDS ESTACIÓN 1, EDS ESTACIÓN 2 y EDS ESTACIÓN 3.

Las estaciones de servicio EDS ESTACIÓN 1, EDS ESTACIÓN 2 y EDS ESTACIÓN 3, se encuentran localizadas en los municipios de San Alberto, Aguachica y Pelaya respectivamente. En el interior de las tres estaciones referidas se realizan actividades generadoras de residuos líquidos; razón por la cual se hizo necesario establecer alternativas para el manejo de las aguas residuales, teniendo en cuenta que los sistemas de tratamiento existentes se encontraban en estado de saturación y se estaban realizando vertimientos directos sobre cuerpos de agua y alcantarillados municipales. Con el objetivo de plantear las alternativas, se estableció una metodología de trabajo dividida en tres fases:

Durante la fase preliminar se realizaron vistas técnicas a las tres EDS, se recopiló y evaluó la información existente, se efectuó una revisión bibliográfica en lo

referente a normatividad ambiental vigente y posibles trenes de tratamiento a proponer.

La fase de diseño y construcción, consistió en realizar el ajuste, rediseño y posterior construcción de las unidades de tratamiento para cada una de las zonas generadoras de residuos líquidos.

Finalmente en la fase de verificación, se llevó a cabo la caracterización de cada uno de los sistemas, se elaboro documento técnico en el que se estableció que las tres EDS se encontraban en cumplimiento de la normatividad vigente, y por tanto se iniciaba el trámite de otorgamiento del permiso de vertimientos en beneficio de cada uno de los establecimientos referidos.

## **PALABRAS CLAVES**

Estación de Servicio, Aguas residuales, Residuos líquidos.

## **ABSTRACT**

**TITULO:** DIAGNOSIS AND ENVIROMENTAL ALTERNATIVE APPROACH FOR THE OPTIMIZATION OF OPERATION OF GAS STATIONS AND VEHICLE WASHING.

**AUTOR:** ANDRÉS FELIPE ROJAS ÁVILA

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR:** Msc. LUIS EDUARDO CASTILLO MEZA

This paper presents the design of wastewater treatment systems, constructed to handling the liquid waste generated in island areas, vehicle washing, cafeterias and restrooms of 3 gas oil stations, which for purposes of Privacy were called EDS STATION 1, EDS STATION 2 and EDS STATION 3.

The gas oil stations EDS ESTACION 1, EDS ESTACION 2 and EDS ESTACION 3, are located in the municipalities of San Alberto, Aguachica and Pelaya respectively. Inside each gas oil station mentioned different kinds of activities generates wastewater. For that reason it was necessary to set alternatives for the wastewater treatment, taking in to account that existing systems depuration were found saturated and doing direct discharges into water bodies and municipal sewer.

It was established a methodology divided in three different phases with the objective to handle the waste water, generated by each of the gas oil stations.

The first was the preliminary phase, during this one all the stations were visited, it was made the collection and evaluation of existing information, a literature review related with the actual environmental regulation and possible treatments trains to propose.

In the period of the design and construction phase, it was made the redesigning and subsequent construction of treatment units, for each one of the areas, in where generate wastewater inside the gas oil stations like islands area, vehicle washing, cafeterias and bathrooms.

Finally at the verification phase, it was carried out the characterization of each of the systems constructed, for the evaluation it was made a technical paper in where was established that the gas oil stations EDS ESTACION 1, EDS ESTACION 2 and EDS ESTACION 3 were in compliance with the of decree 1594 of 1984, and in that way began the process of awarding the dumping permit for the benefit of each of the establishments referred.

### **PALABRAS CLAVES**

Waste Water, Treatment Systems, Gas Oil Stations.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia de acuerdo con la normatividad vigente, estipulada mediante los artículos 72 y 73 del decreto 1594 de 1984, se encuentra establecido que toda entidad la cual realice vertimientos líquidos, sobre un cuerpo de agua o alcantarillado público, debe brindar un tratamiento previo a sus aguas residuales con el fin remover la carga contaminante y disminuir los impactos ambientales que pueda causar al momento de la descarga.

Los entes encargados de verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental, son las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) con jurisdicción en cada municipio. Para esto las CAR realizan un seguimiento y acompañamiento constante a todos los establecimientos públicos y comerciales que por el desarrollo de sus actividades, sean generadores de residuos líquidos domésticos, servidos e industriales.

Dentro de las estaciones de servicio vehicular no solo se realizan las actividades correspondientes, al abastecimiento de combustible desde maquinas surtidoras fijas directamente al tanque de cada vehículo. En el interior de dichos establecimientos también funcionan lavaderos vehiculares, restaurantes, hoteles etc., hecho por el cual; como consecuencia del desarrollo de sus actividades cotidianas se generan gran cantidad de aguas residuales, domésticas, industriales y servidas.

El objetivo de este trabajo fue establecer alternativas para el funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tres estaciones de gasolina y lavaderos vehiculares localizados en los municipios de Aguachica, San Alberto y Pelaya; y de esta manera realizar el ordenamiento ambiental en lo referente a las aguas residuales que se producen en cada una de las estaciones de servicio.

Para ello se hizo necesario diagnosticar el estado en el cual se encontraban las EDS mediante visitas técnicas realizadas y la recopilación de información disponible en cada una de ellas, posteriormente se procedió al ajuste, diseño y construcción de los sistemas convencionales de tratamiento teniendo en cuenta las recomendaciones presentadas en los documentos que han sido publicados por las autoridades ambientales y finalmente se realizó una caracterización fisicoquímica para evaluar el funcionamiento los sistemas construidos. De este modo se verificó el cumplimiento con la normatividad vigente y se inició el trámite de permiso de vertimientos líquidos en beneficio de cada uno de los establecimientos referidos anteriormente.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVOS GENERALES**

- Establecer alternativas para el funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tres estaciones de gasolina y lavaderos vehiculares en los municipios de Aguachica, San Alberto y Pelaya.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Diagnosticar de forma físico-química las estaciones de servicio y lavaderos vehiculares.
- Plantear el diseño y los ajustes necesarios de las unidades que componen los sistemas de tratamiento de aguas domésticas e industriales existentes.
- Evaluar la operación y funcionamiento de los sistemas de tratamiento construidos en su fase de puesta en marcha.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

### 2.1 NOMBRE Y UBICACIÓN DE LA EMPRESA:

G&R Ingeniería LTDA. Carrera 28 # 55ª – 23 Bucaramanga, Santander. (Ver Esquema 1)

Esquema 1. Localización G&R Ingeniería LTDA.



Fuente: Google Earth.

### 2.2 SERVICIOS DE G&R INGENIERÍA LTDA.

G&R es una empresa de ingeniería, que se especializa en los servicios de consultoría, construcción, interventoría y administración de proyectos, dirigida a satisfacer las necesidades del cliente, en el marco del desarrollo sostenible.

G&R Ingeniería LTDA., es reconocida por brindar productos de calidad, eficaces e innovadores ofreciendo confianza y seguridad en el cumplimiento de sus obligaciones, como:

### **2.2.1 Estudios ambientales**

- Elaboración de Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y manejo de cuencas.
- Elaboración de Planes de Saneamiento Ambiental
- Elaboración de documentos para el diagnóstico de la calidad del agua.
- Elaboración de Planes de Manejo Ambiental (PMA) y Estudios de Impacto Ambiental (EIA).
- Elaboración de diagnóstico ambiental de alternativas en proyectos civiles y ambientales.
- Elaboración de documentos de seguimiento y control de obras civiles y urbanísticas.
- Elaboración de planes de saneamiento y anejo de vertimientos PSMV.
- Elaboración de estudios de caracterización de aguas residuales y cuerpos hídricos.
- Evaluación de sistemas de control de contaminación.
- Elaboración de estados de emisión de contaminación atmosférica.

### **2.2.2 Aguas y saneamiento**

- Sistemas de abastecimiento y tratamientos de agua potable.
- Diseño y construcción de redes de alcantarillado pluvial y sanitario.
- Diseño, construcción y puesta en marcha de sistemas de tratamiento de aguas domésticas e industriales.
- Planes maestros de acueducto y alcantarillado.

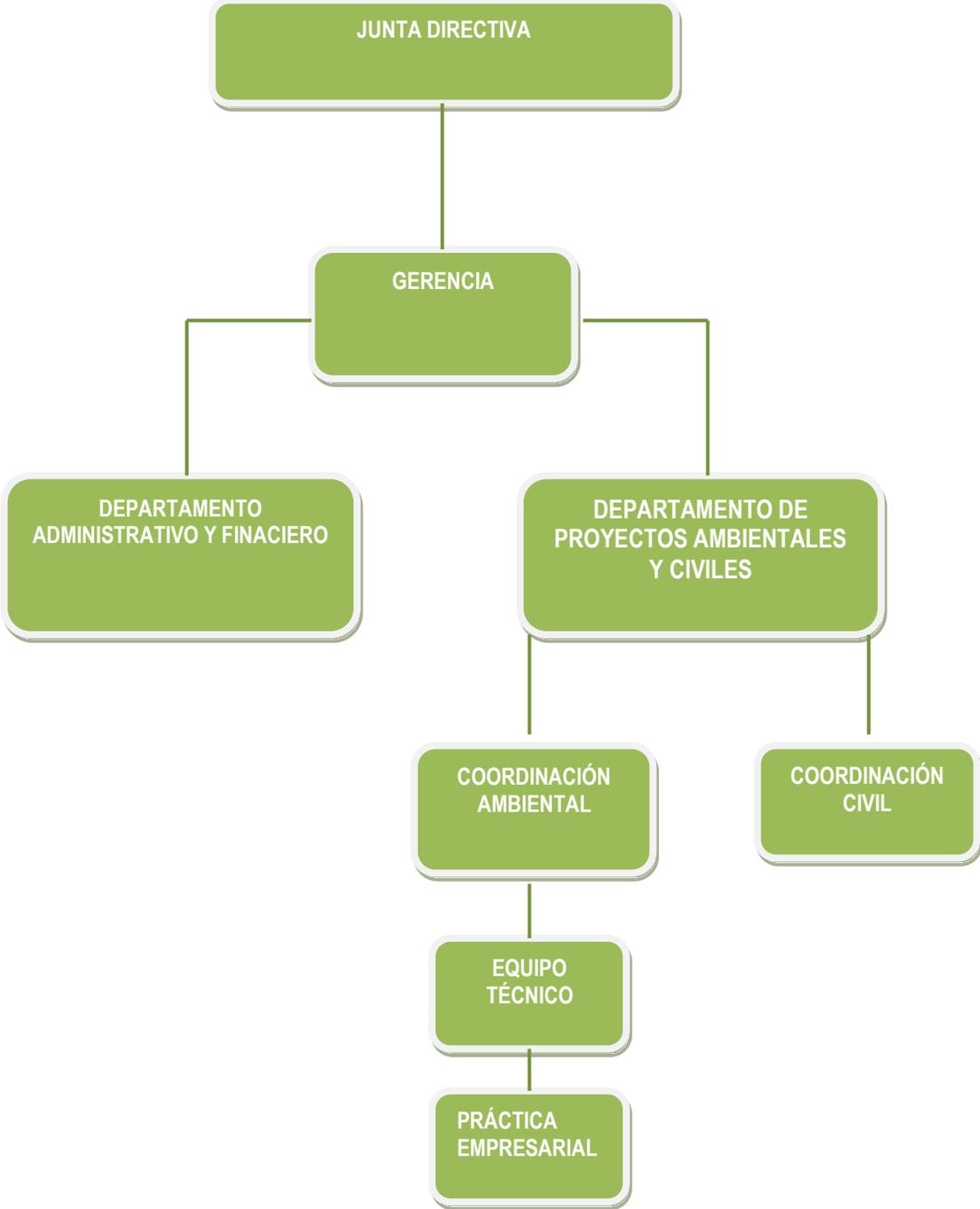
- Optimización y asesoría en la operación y funcionamiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales.
- Operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales.

### **2.2.3 Servicios básicos**

- Capacitación y actualización en temas ambientales.
- Proyectos de tecnologías limpias.
- Investigaciones ambientales.
- Asesorías y representación ante autoridades ambientales.
- Asesorías técnicas.
- Levantamientos topográficos.
- Estudios hidrológicos.
- Aforos líquidos y sólidos.
- Estudios de suelos.

**2.2.4 Estructura organizacional de GYR Ingeniería LTDA.**

Esquema 2. Organigrama GYR Ingeniería Ltda.



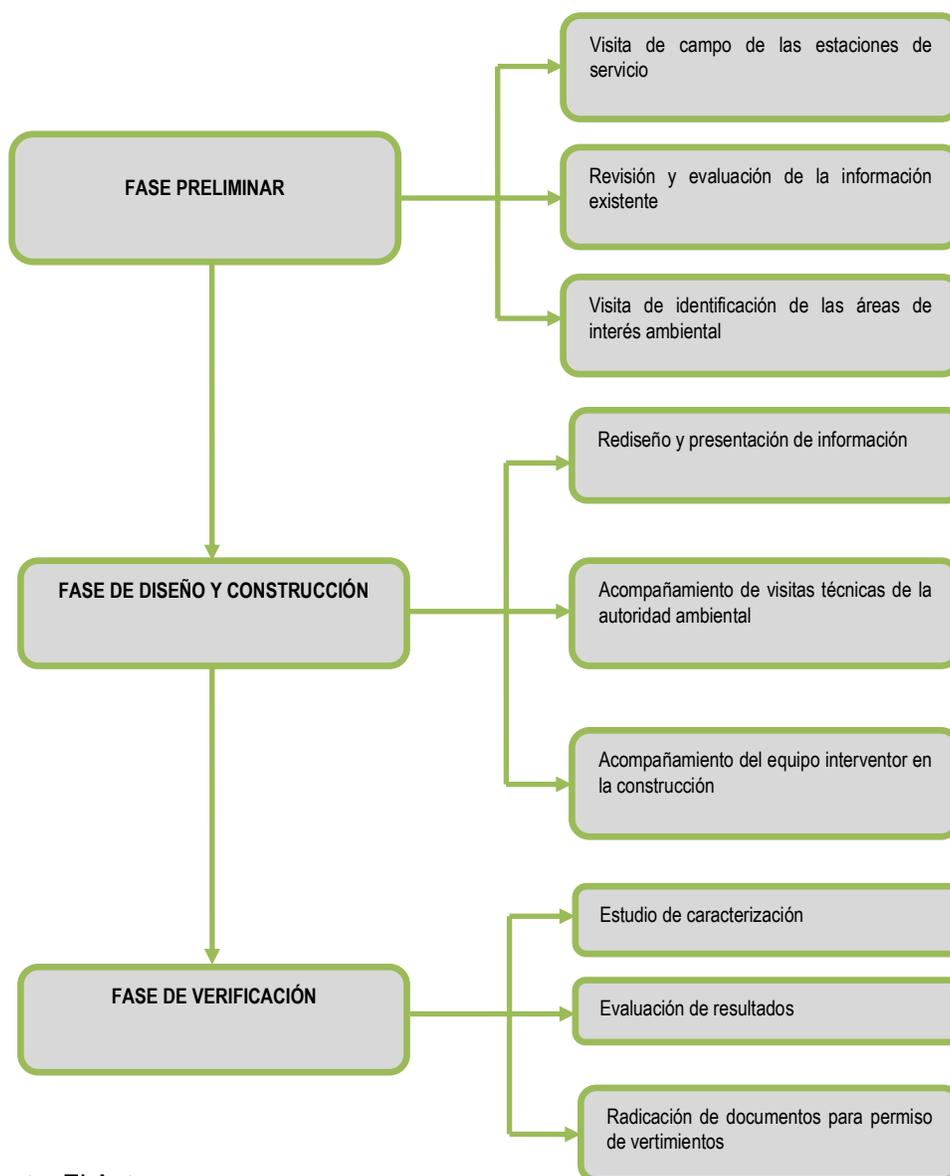
Fuente: El Autor

### 3. ACTIVIDADES A REALIZAR Y METODOLOGÍA.

#### 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA A APLICAR

En el Esquema 3, se presenta la metodología planteada, con la cual se llevo a cabo cada una de las fases que comprenden el proyecto.

Línea introductoria del Esquema 3. Metodología



Fuente: El Autor

## **3.2 FASE PRELIMINAR**

### **3.2.1 Visita de campo a las estaciones de servicio**

- Esta visita se realizó para identificar la ubicación exacta de las estaciones de servicio y lavaderos vehiculares, localizados en los municipios antes mencionados. Para efectos de confidencialidad se denominaran estación 1 (San Alberto), estación 2 (Aguachica) y estación 3 (Pelaya).
- Registro fotográfico.

### **3.2.2 Revisión y evaluación de la información existente.**

- Recopilación de información primaria.
  - Verificación del cumplimiento de la normatividad ambiental decreto 1594 de 1984 en lo referente a los artículos 72 y 73.
  - Verificación de los lineamientos técnicos establecidos en la Guía Ambiental para Estaciones de Servicio (Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT) y el Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos (CDMB) los cuales establecen los parámetros para el diseño y construcción de los sistemas necesarios para el adecuado manejo de las aguas residuales generadas en la estación de servicio y lavaderos vehiculares.
- Recopilación de información secundaria (Si es necesario).
- Revisión de planos del sitio.

### **3.2.3 Visita de identificación de las áreas de interés ambiental.**

- **Metodología:** Con el fin de conocer las fortalezas y debilidades, en lo que se refiere al manejo ambiental que realizaban las estaciones de gasolina y lavaderos vehiculares en lo concerniente al manejo de las aguas residuales, se hizo una recopilación de la información existente, además de visitas en las zonas afectadas, de esta forma se logró establecer el diagnóstico de los sitios bajo la identificación de cada uno de los aspectos e impactos ambientales generados, por el funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las islas de las estaciones y lavaderos.

## **3.3 FASE DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.**

**3.3.1 Ajuste, rediseño, elaboración de planos y presentación de la información requerida por la autoridad ambiental.**

**3.3.2 Acompañamiento a las visitas programadas por los funcionarios de la autoridad ambiental competente.**

**3.3.3 Acompañamiento al equipo técnico de interventoría, en la construcción de las unidades de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales viabilizadas por la autoridad ambiental competente.**

- **Metodología:** Se adecuaron los diseños actuales, y diseñaron las unidades adicionales necesarias bajo los lineamientos técnicos establecidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E, la Guía Ambiental para Estaciones de Servicio y la Guía ambiental para Lavaderos Vehiculares con el fin de optimizar la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales existentes y de este

modo garantizar el cumplimiento del decreto 1594 del 1984 en lo referente a vertimientos líquidos a fuentes superficiales y red de alcantarillado

Adicionalmente se brindó apoyo técnico a todas las inquietudes y sugerencias realizadas por parte de la autoridad ambiental. Para asegurar la conformidad de los diseños y por ende el desarrollo de la etapa de construcción.

Se realizó un acompañamiento al equipo técnico interventor de la empresa GYR Ingeniería LTDA., cuya función fue garantizar que las adecuaciones pertinentes a los sistemas de tratamiento existentes y la construcción de las nuevas unidades del sistema, se realizarán conforme a lo establecido en los diseños presentados.

### **3.4 FASE DE VERIFICACIÓN**

**3.4.1 Realización del estudio de caracterización, auditado por los funcionarios de la autoridad ambiental.**

**3.4.2 Evaluación de la información recolectada en la caracterización y elaboración del documento técnico.**

**3.4.3 Radicación de documentos requeridos para la obtención del permiso de vertimientos en beneficio de las EDS ante la autoridad ambiental competente.**

- **Metodología:** Se realizó una caracterización físico química, de los vertimiento generados en cada uno de los sistemas de tratamientos construidos y/o optimizados en las estaciones de gasolina y lavaderos vehiculares, una vez se obtuvieron los resultados de la caracterización físico química; se evaluó la eficiencia de los ajustes realizados a los diseños existentes.

Finalmente se presentó el informe técnico con su respectivo análisis de resultados a la autoridad ambiental, con el objeto de tramitar el permiso de vertimientos líquidos de las EDS evaluadas.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 GENERALIDADES

El decreto 1594 expedido por el Ministerio de Salud el 26 de junio de 1984 es la normatividad ambiental vigente, en lo referente al marco legal que establece las cargas máximas permisibles para la obtención del permiso de vertimientos de sustancias líquidas a un cuerpo de agua superficial o una red de alcantarillado, teniendo en cuenta que mediante el mismo se reglamenta en Colombia todo lo concerniente al uso del recurso hídrico y los residuos líquidos, ver Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Vertimiento a un cuerpo de Agua Art 72 Decreto 1594 de 1984

ARTICULO 72. DECRETO 1594/84 VERTIMIENTO A UN CUERPO DE AGUA		
Parámetro	Usuario Existente	Usuario Nuevo
pH	5 A 9 Unidades	5 A 9 Unidades
Temperatura	< 40°C	< 40°C
SST	Remoción En Carga > 50%	Remoción En Carga > 80%
DBO5	Remoción En Carga > 20%	Remoción En Carga > 80%
Grasas Y Aceites	Remoción En Carga > 80%	Remoción En Carga > 80%

Fuente: Decreto 1594 de 1984

Tabla 2. Vertimiento a una red de alcantarillado Art 73 Decreto 1594 de 1984

ARTICULO 73. DECRETO 1594/84 VERTIMIENTO A UN ALCATARILLADO PUBLICO		
Parámetro	Usuario Existente	Usuario Nuevo
pH	5 A 9 Unidades	5 A 9 Unidades
Temperatura	< 40°C	< 40°C
SST	Remoción En Carga > 50%	Remoción En Carga > 80%
DBO5	Remoción En Carga > 20%	Remoción En Carga > 80%
Grasas Y Aceites	< 100 mg/L	< 100 mg/L

Fuente: Decreto 1594 de 1984

Se precisa que para las unidades de disposición final, las cuales no realizan vertimientos directos sobre un cuerpo de agua o un alcantarillado público debido a que lo hacen mediante procesos de infiltración, en la tabla 3, se presentan los aportes per cápita típicos para las aguas residuales domésticas los cuales fueron extraídos del Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, Título E.

Tabla 3. Aportes Per Cápita Para Aguas Residuales Domésticas

Aportes Per Cápita Para Aguas Residuales Domésticas	
DBO <sub>5</sub> 20°C g/hab/día	25 – 30
Sólidos en Suspensión g/hab/día	30 – 100

Fuente: RAS 2000 Título E

Así mismo, se identificaron las concentraciones típicas de vertimientos domésticos e industriales referenciadas por diferentes autores tales como: METCALF & EDDY y La Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB en su manual de de Gestión Ambiental Para Lavaderos de Vehículos (ver Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Concentraciones típicas en aguas residuales domésticas no tratadas

CONCENTRACIONES TÍPICAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS NO TRATADAS			
Parámetro	Fuerte	Media	Débil
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	400	220	110
DQO (mg/L)	1000	500	250
Grasas y aceites (mg/L)	150	100	50
SST (mg/L)	350	220	100

Fuente: Ingeniería Sanitaria Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales

Tabla 5. Concentraciones típicas en lavaderos vehiculares

CONCENTRACIONES TÍPICAS DE ARI DE LOS LAVADEROS VEHICULARES		
Parámetro	valor mínimo	valor máximo
DBO5 (mg/L)	100	900
DQO (mg/L)	170	1700
Grasas y aceites (mg/L)	40	2800
SST (mg/L)	214	2860

Fuente: Manual de Gestión Ambiental Para Lavaderos de Vehículos de la CDMB

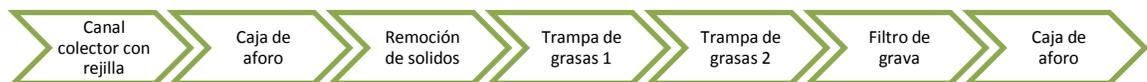
Finalmente en la tabla 6 y en el Esquema 4, se presenta la clasificación de los tipos de lavaderos existentes y el tren de tratamiento sugerido por el Manual de Gestión Ambiental Para Lavaderos de Vehículos de la CDMB.

Tabla 6. Clasificación de lavaderos

TIPO DE LAVADERO	TIPO DE VEHICULOS
Tipo I	Automóviles, Camperos Y Motocicletas
Tipo II	Buses Y Busetas
Tipo III	Tráfico Pesado
Tipo IV	Lavaderos Tipo I Y Tipo III

Fuente: Manual de Gestión Ambiental Para Lavaderos de Vehículos de la CDMB

Esquema 4. Tratamiento de lavaderos tipo I, II, IV



Fuente: Manual de Gestión Ambiental Para Lavaderos de Vehículos de la CDMB

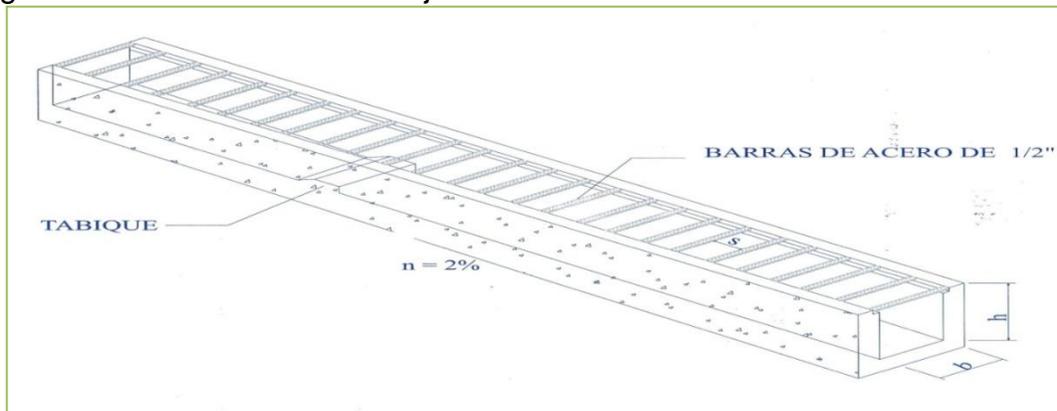
## 4.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO CONVENCIONALES.

**4.2.1 Sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales convencionales.** Los sistemas de tratamiento para el manejo de las aguas residuales industriales propuestos en los documentos bibliográficos “Guía Ambiental Para Estaciones de Servicio” del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), “Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos” de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB y “Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados” del Ing. Ricardo Alfredo López Cualla, Escuela Colombiana de Ingeniería, proponen las siguientes unidades convencionales como tren de tratamiento para el manejo de las aguas residuales provenientes del lavado de vehículos.

### Canal colector con rejilla

La función principal de esta unidad, consiste en interceptar el agua residual proveniente de los cárcamos y separar los sólidos gruesos mediante procesos físicos de sedimentación (ver Imagen 1). Es el primer procedimiento para el tratamiento de las aguas residuales crudas. En la Tabla 7 se presentan los dimensionamientos típicos, para rejas de barras y canales colectores. [4]

Imagen 1. Canal Colector Con Rejilla



Fuente: Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos.

Tabla 7. Dimensiones Típicas Rejas De Barras Y Canales Colectores

Características	Intervalo típico
Diámetro de la barra (mm)	20-25
S= Separación entre barras, (mm)	25-50
b= Ancho de canales (cm)	30-40
h= Profundidad del canal (cm)	25-30

Fuente: Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos.

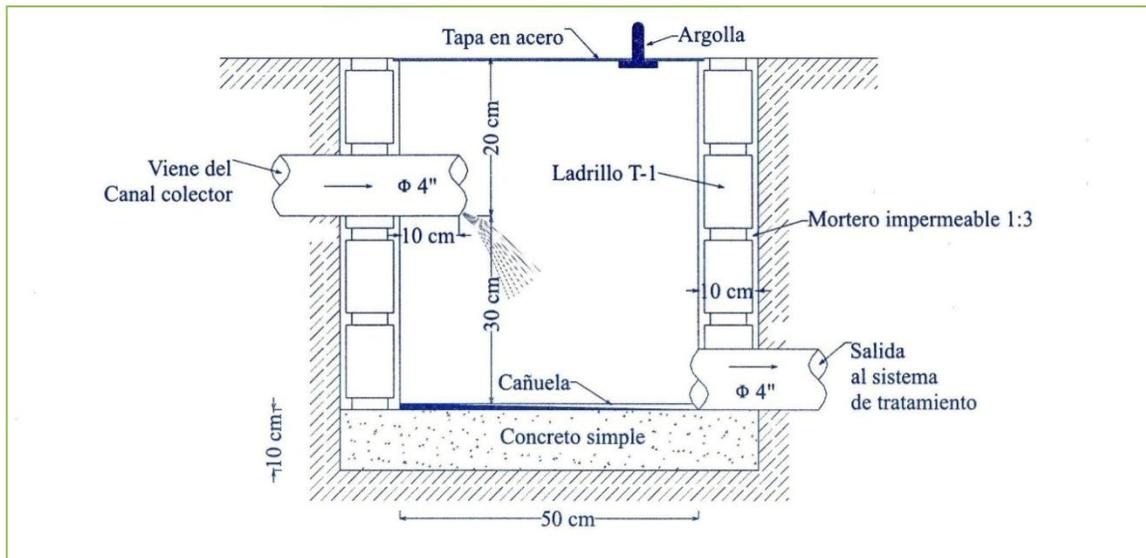
Para la construcción del canal con rejilla se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones, para efectos de facilitar la remoción y mantenimiento de la unidad:

- a. Barras de acero de  $\frac{3}{4}$  “, las cuales van soportadas en un marco de ángulo de acero calibre 18 de 1” ancladas sobre el borde del canal.
- b. Las rejillas deben ser construidas en tramos máximos de 1.5m
- c. Canal en concreto reforzado de 3000 lb.
- d. Piso impermeable de 10 cm de grosor. [4]

### **Caja de aforo**

La función de esta unidad es facilitar la toma de muestras durante el desarrollo de las caracterizaciones de aguas residuales. Generalmente las cajas de aforo son construidas bajo las siguientes dimensiones, profundidad (H) de 0,5 m, ancho de (B) 0,5 m, y largo de (L) 0,5 m tal y como se muestra en la Imagen 2. [4]

Imagen 2. Caja De Aforo



Fuente: Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos.

Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones para su construcción.

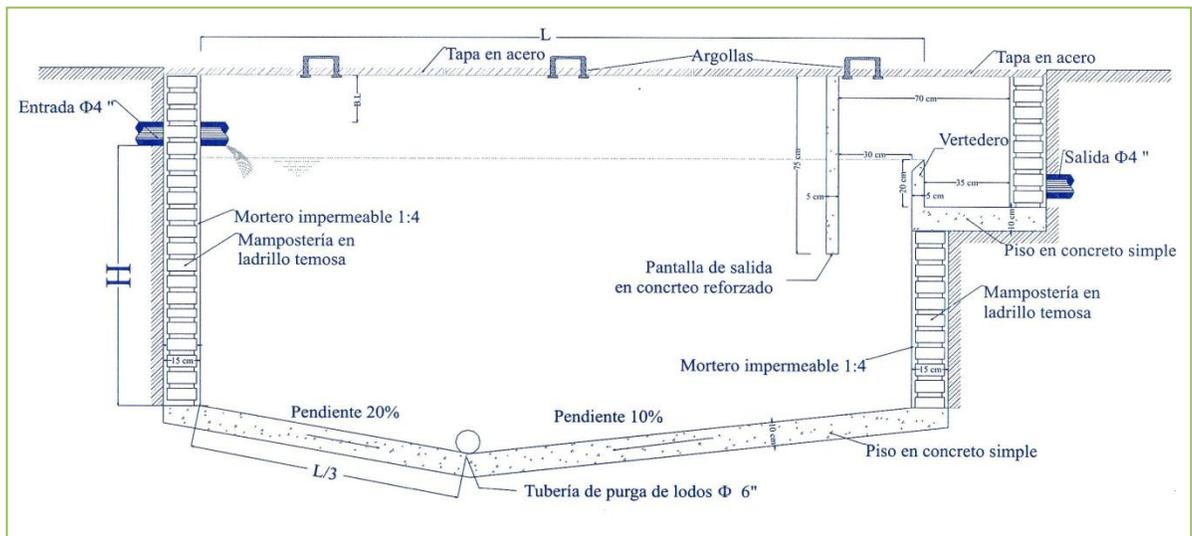
- El material debe ser bloque de arcilla tipo T1 con recubrimiento en mortero impermeable 1:3.
- El ancho de muro debe ser de 10 cm incluido el recubrimiento, para paredes en bloque cocido.
- Tubería de entrada y salida en PVC de 4".
- La batea de la tubería de entrada debe estar a 30 cm, por encima del fondo, y a 20 cm por debajo del borde.
- Las tuberías deben tener un extremo libre de 10 cm a partir de la pared.
- La cota de la tubería de salida debe coincidir con el fondo de la caja.
- El fondo se debe construir en concreto impermeable de 6 cm de espesor. [4]

## Desarenador y Trampa Grasas

El desarenador en el tratamiento de aguas residuales, tiene como función sedimentar partículas como arena, grava, u otros materiales sólidos pesados, presentes en suspensión, por la acción de la gravedad. El diseño de los desarenadores de flujo horizontal se debe hacer de tal manera que en las condiciones más adversas, las partículas más ligeras diámetro 0,005 cm, alcancen el fondo antes de llegar a la salida. (Ver Imagen 3).

El desarenador de flujo horizontal lleva una pantalla incorporada, cómo se aprecia en la Imagen 3, con el objeto de retener el material sólido en flotación y por ende las grasas y aceites provenientes del lavado de vehículos pesados, es por ello que dicha estructura tiene doble función en su operación. [4]

Imagen 3. Desarenador Y Trampa Grasas



Fuente: Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos.

Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones para su construcción:

- El material debe ser ladrillo cocido tipo temosa para unidades enterradas o concreto reforzado.

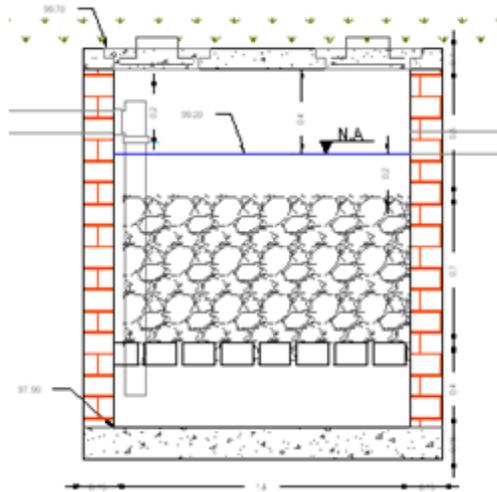
- b. Paredes de 10 cm de espesor para unidades en concreto reforzado y de 15 cm de espesor si se construye en ladrillo cocido.
- c. Pisos en concreto con acero de refuerzo.
- d. Tapas en acero o concreto reforzado.
- e. Paredes y piso de la unidad completamente impermeabilizados.
- f. Disponibilidad de volumen para el almacenamiento de lodos.
- h. Las tuberías deben tener un extremo libre de 10 cm a partir de la pared.
- g. Tubería de entrada y salida de 4". [4]

### **Filtro De Grava de Flujo Ascendente**

Como lo muestra la Imagen 4, la unidad de filtración de flujo ascendente consiste en un tanque de concreto, ladrillo o plástico alimentado por el fondo o la superficie de una cámara difusora o falso fondo, con el objeto de dar una mayor homogeneidad en la distribución del fluido y evitar cortos circuitos o canales preferenciales, posteriormente el fluido es filtrado por el material de soporte apropiado (gravas, arenas, etc.).

La operación y funcionamiento de dicha unidad garantiza una mayor remoción de sólidos y material no sedimentable,  $DBO_5$  y DQO, todo ello con el objeto de mejorar la calidad al vertimiento final.

Imagen 4. Filtro De Grava Flujo Ascendente



Fuente: El Autor

Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones para la construcción adecuada de un filtro de flujo ascendente:

- Lecho filtrante de 0.80m
- El diámetro o ancho máximo no excede 3 veces la profundidad útil.
- El nivel del agua del efluente del filtro deberá mantener una altura mínima sobre el borde del lecho de 0.30m
- Altura mínima del falso fondo de 0.30.
- Las aberturas del falso fondo deben tener aberturas de 0.03m y espaciadas 0.15 m entre sí.

**4.2.2 Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas convencionales.** Los sistemas de tratamiento para el manejo de las aguas residuales domésticas propuestos en los documentos bibliográficos “Guía Ambiental Para Estaciones de Servicio” del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), “Normas Técnicas, diseño, construcción e

instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales” de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB y parámetros del Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, Título E, Sistemas de tratamiento en el sitio de origen. Proponen las siguientes unidades convencionales como parte del tren de tratamiento para el manejo de las aguas residuales provenientes de las instalaciones sanitarias y actividades domésticas que se realicen en el interior de las EDS.

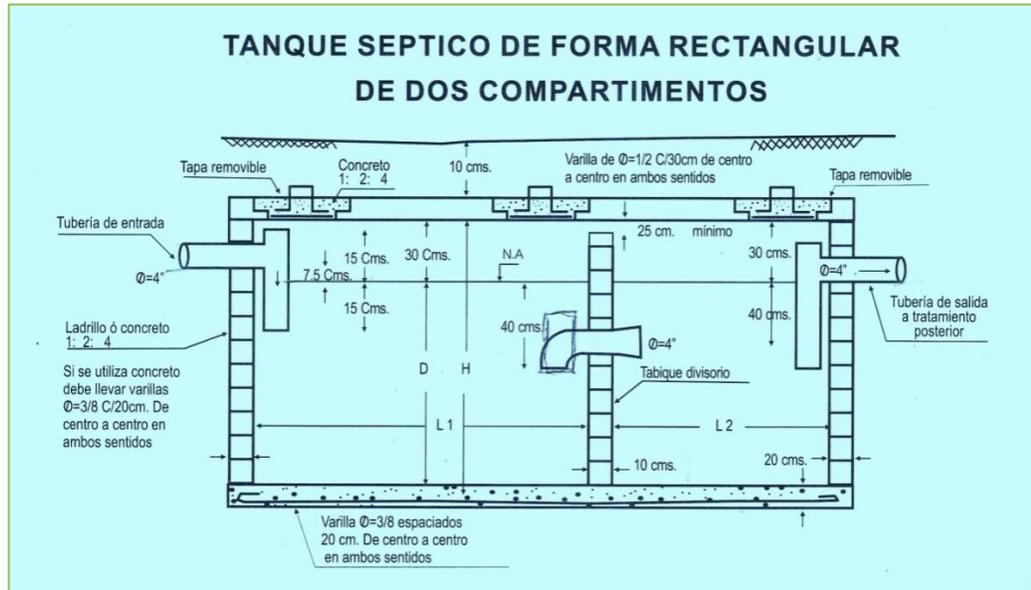
### **Tanque Séptico**

Tomando como referencia la ayuda visual, (Imagen 5), el tanque séptico se define como un sistema construido en concreto, plástico, fibra de vidrio u otro material, su función es retener las aguas residuales por un periodo mínimo de 24 horas. Durante este periodo, los sólidos más densos sedimentan acumulándose en el fondo del tanque, formando el lodo anaerobio estable, La parte solida que se acumula en el tanque debe ser retirada periódicamente para garantizar el buen funcionamiento del sistema.

La mayoría de los sólidos ligeros, como las grasas, permanecen en el tanque, formando una especie de espuma en la superficie del agua, mientras el efluente se lleva el resto al sistema final de evacuación.

Los sólidos retenidos en el tanque séptico sufren una descomposición anaerobia producida por las bacterias principalmente. El líquido parcialmente clarificado sale del tanque y es conducido por medio de tuberías hacia su posterior tratamiento. [5]

Imagen 5. Tanque Séptico



Fuente: Normas Técnicas diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales.

Es conveniente tener en cuenta las siguientes recomendaciones para la construcción de los tanques sépticos:

- Ancho interno mínimo 0.8 m.
- Profundidad útil mínima 1.2 m.
- Relación ancho/largo de 2 a 4.
- El ancho interno no debe exceder 2 veces su profundidad útil.
- El volumen del primer compartimento deberá corresponder a  $\frac{2}{3}$  del volumen total.
- El volumen del segundo compartimento debe corresponder a  $\frac{1}{3}$  del volumen total.

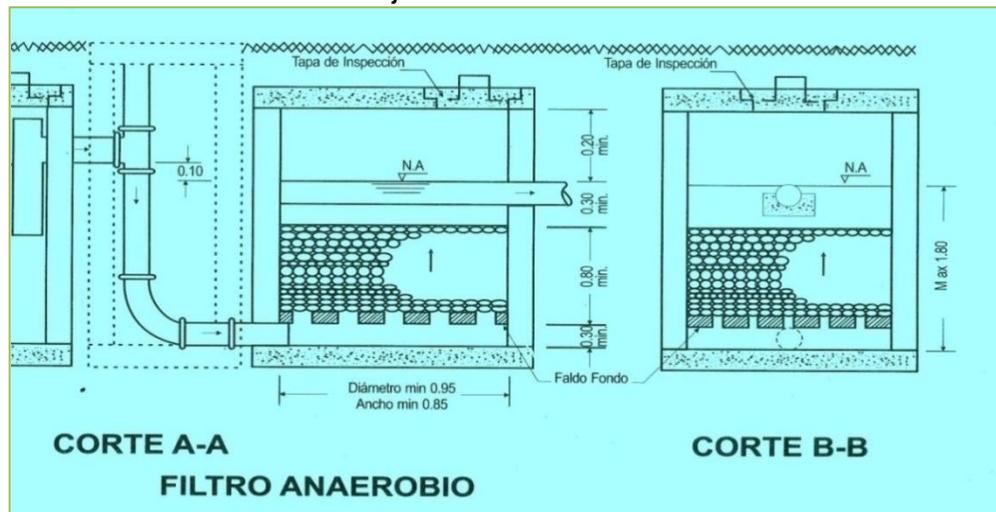
g. Longitud del primer compartimiento  $2/3$  de L.

h. Longitud del segundo compartimiento  $1/3$  de L. [5]

### Filtro anaerobio de flujo ascendente

Como lo muestra la Imagen 6, el filtro anaerobio consiste en un tanque de concreto, ladrillo o plástico. Su funcionamiento consiste en la entrada del agua residual, a través de un falso fondo (cámara difusora) o por la superficie del tanque, pasa por los espacios dejados por el material de relleno, en flujo ascendente, este material sirve como soporte para el crecimiento de la capa biológica que se desarrolla en este medio (ausencia de oxígeno), la cual es la encargada de degradar la materia orgánica. [5]

Imagen 6. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente



Fuente: Normas Técnicas diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales.

Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones para su construcción:

a. Tiempo de retención entre 18 y 24 horas.

- b. Lecho filtrante de 0.80m
- c. El diámetro o ancho máximo no excede 3 veces la profundidad útil.
- d. El nivel del agua del efluente del filtro deberá mantener una altura mínima sobre el borde del lecho de 0.30m
- e. Altura mínima del falso fondo de 0.30.
- f. La aberturas del falso fondo deben tener aberturas de 0.03m y espaciadas 0.15 m entre sí. [5]

### Zanjas de infiltración

Es un sistema de infiltración uniforme en el suelo de manera que refuerza la depuración de las aguas residuales antes de llegar a cuerpos hídricos (ver Imagen 7), principalmente se utilizan como unidad final para el vertimiento de efluentes provenientes de sistemas convencionales (tanques sépticos, laminas filtrantes, filtros anaerobios de flujo ascendente, etc.).

Las recomendaciones para el diseño y dimensionamiento de las zanjas de infiltración se presentan en la Tabla 8. [5]

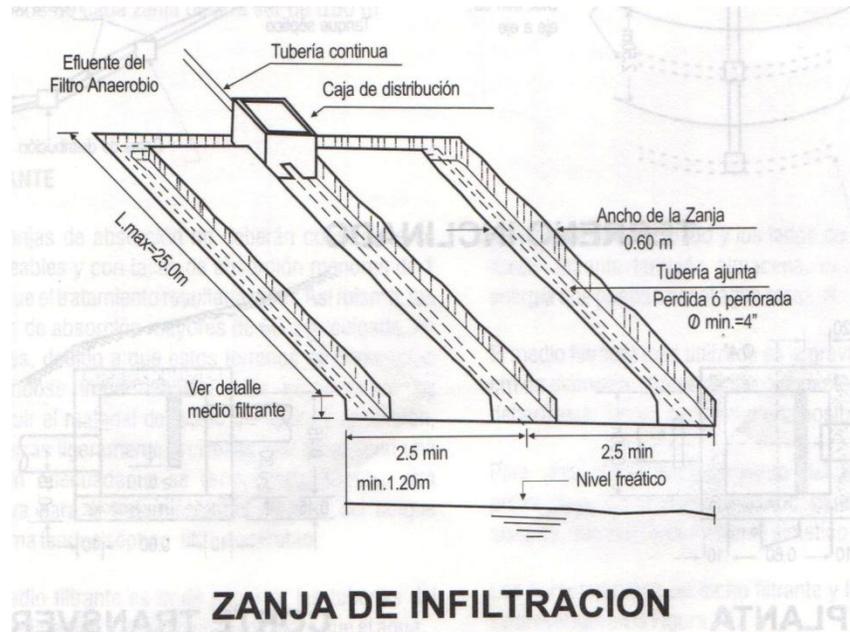
Tabla 8. Dimensionamiento Zanjas De Infiltración.

Sistema	Longitud ramal (m)	Profundidad mínima (m)	Espesor de cubierta (m)	Esparcimiento entre ramal (m)
Zanja	25	0.60	0.30	2.5

Fuente: Normas Técnicas diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales.

Adicionalmente es conveniente resaltar que el ancho de cada zanja deberá ser de 0.60 m y la tubería de ser en PVC de 4". [5]

Imagen 7. Zanja De Infiltración



Fuente: Normas Técnicas diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales.

### Trampa de grasas

Unidad de tratamiento de aguas residuales, la cual consiste en una caja cubierta (ver Imagen 8), ubicada como receptora del vertimiento, dentro de esta unidad las grasas son removidas mediante procesos físicos de flotación, facilitando su extracción periódicamente por el personal de encargado de hacer el mantenimiento. [1]

En la tabla 9, se presentan los tiempos de retención de acuerdo al caudal afluente a una trampa de grasas establecidos por el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, Título E, Sistemas de tratamiento en el sitio de origen.

Tabla 9. TRH trampa de grasas

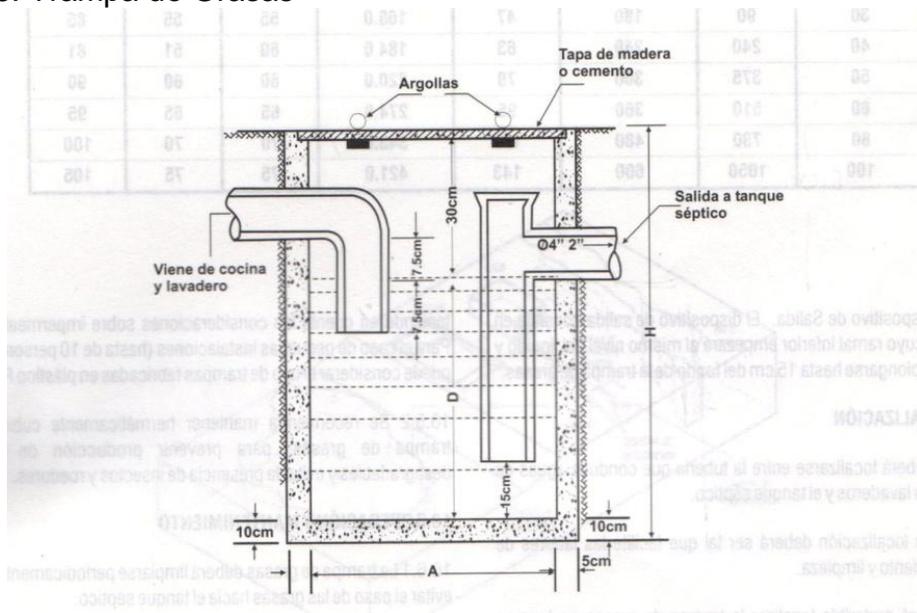
Trampa de Grasas	
Tiempo de Retención (minutos)	Caudal de Entrada (L/s)
3	2 – 9
4	10 – 19
5	20 ó mas

Fuente: RAS 2000 Título E

Es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones para el diseño y construcción de esta unidad:

- El tanque debe tener un área de  $0.25 \text{ m}^2$  por cada L/s. [1]
- Una relación ancho/longitud de 1:4 a 1:18.
- Velocidad ascensional de  $4 \text{ mm/s}$ . [5]

Imagen 8. Trampa de Grasas



Fuente: Normas Técnicas diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales - CDMB.

## 5. ACTIVIDADES REALIZADAS

Durante el primer mes se desarrolló la fase preliminar del proyecto, en la cual se realizó visita de campo a cada una de las Estaciones De Servicio (EDS), con el objeto de conocer su ubicación, las generalidades de los sistemas de tratamiento existentes en cada una de las EDS y las características del área de influencia directa de cada estación.

En lo referente a la recopilación de la información existente, esta fue remitida por parte del Contratante, para la respectiva evaluación, análisis que se presenta en la descripción detallada que se realiza a cada una de la EDS posteriormente.

La fase de diseño y construcción, la cual abarcó los 3 meses siguientes, fue desarrollada teniendo en cuenta la evaluación realizada al culminar la fase preliminar. Se precisa que para el diseño y ajuste de las unidades de tratamiento de aguas residuales, domésticas e industriales existentes, se tuvieron en cuenta documentos tales como el “Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos” y “Normas Técnicas, diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales” ambos publicados por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB; que aunque no tiene jurisdicción en la zona de incidencia directa del proyecto basa algunas de sus recomendaciones en parámetros de mayor exigencia que los lineamientos establecidos por el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, Título E, Sistemas de tratamiento en el sitio de origen. Así mismo se tuvieron en cuenta todos los documentos mencionados en el capítulo anterior.

Una vez finalizada la construcción de los trenes de tratamiento planteados para el manejo adecuado de los residuos líquidos generados como consecuencia de las diferentes actividades que se realizan en el interior de una estación de servicio, se

dio inicio a la fase de verificación, para lo cual fue necesario programar jornadas de monitoreo en cada una de las EDS con el objetivo de realizar la caracterización fisicoquímica de los sistemas, de manera subsiguientemente se evaluaron los resultados obtenidos y finalmente se presentó la documentación correspondiente a la autoridad ambiental competente, para el trámite del permiso de vertimientos en beneficio de las EDS.

## 5.1 ESTACIÓN 1

### 5.1.1 Visita de campo de la estación de servicio (EDS ESTACIÓN 1)

**5.1.1.1 Localización.** La EDS ESTACIÓN 1, se encuentra ubicada en el municipio de San Alberto, jurisdicción del departamento del Cesar (ver Fotografía 1).

Fotografía 1. ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor.

**5.1.1.2 Generalidades.** La ESTACIÓN 1, es un establecimiento donde se llevan a cabo las actividades de almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para vehículos automotores, a través de equipos fijos (surtidores) que llena directamente los tanques de combustible. Dentro de la

estación de servicio están ubicados un lavadero vehicular y baños para los empleados y usuarios de la EDS los cuales son generadores constantes de aguas residuales tanto domesticas como industriales.

### **5.1.1.3 Sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existentes**

#### **Lavadero vehicular:**

Durante la visita se identificó que la zona de lavadero vehicular no contaba con ningún tipo de sistema para el tratamiento de las aguas residuales generadas en el desarrollo de la actividad, por tal motivo el lavadero realizaba un vertimiento directo, sobre el humedal que se encuentra localizado en la zona posterior de la estación de servicio, el cual actuaba como un sistema de tratamiento biológico antes de realizarse la descarga final sobre el cuerpo receptor Quebrada La Burra (ver Fotografía 2 y 3).

Fotografía 2. Lavadero ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor

Fotografía 3. Quebrada La Burra



Fuente: El Autor

Ante esta situación se decidió poner en marcha la elaboración de los diseños del sistema de tratamiento para las aguas industriales provenientes de la zona de lavadero teniendo como base las recomendaciones técnicas del Manual de Gestión Ambiental Para Lavaderos de Vehículos de la CDMB, pero bajo los lineamientos establecidos en el Decreto 1594 de 1984.

#### **Zona de islas:**

En la zona de abastecimiento de combustible se identificó un sistema de tratamiento para las aguas residuales que se generan por causa del lavado de las islas, el cual posteriormente realiza el vertimiento de las aguas tratadas sobre el cuerpo receptor Quebrada La Burra. Dicho sistema está compuesto por las siguientes unidades de tratamiento:

- Canal perimetral con rejilla en el área de abastecimiento de combustible
- Trampa de grasas
- Caja de almacenamiento de grasas y aceites
- Desarenador

De acuerdo a lo observado durante la visita de campo, el sistema de tratamiento de la EDS se encuentra operando de manera adecuada, ya que no se evidenció acumulación de natas o algún otro tipo de residuo y adicionalmente se verificó con el personal encargado de la EDS ESTACIÓN 1, que las unidades reciben mantenimiento de forma periódica.

Dicho mantenimiento consiste, en retirar las natas que se acumulan en el sistema cada 15 días y almacenarlas en recipientes de 55 galones. Una vez estos depósitos llegan a su capacidad total, se contrata un ente gestor autorizado por la autoridad ambiental competente para la recolección, transporte y disposición final de residuos peligrosos.

Por esta razón se decidió realizar una caracterización físico química a la entrada y salida del tren de tratamiento para corroborar que actualmente, se esté cumpliendo con lo estipulado en el artículo 72 del decreto 1594 de 1984 el cual reglamenta los vertimientos sobre un cuerpo de agua.

**5.1.1.4 Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas existentes.** El sistema de tratamiento para las aguas residuales de los baños públicos encontrado en la EDS ESTACIÓN 1 durante la visita técnica, estaba conformado por un pozo de absorción, el cual estaba saturado, dificultando su funcionamiento y operación, (ver Fotografía 4.)

Fotografía 4. Sistema de tratamiento existente (ESTACIÓN 1)



Fuente: el Autor

De esta manera se decidió poner en marcha la elaboración de los diseños hidráulicos y estructurales del sistema de tratamiento convencional para el manejo de las aguas residuales provenientes de los baños públicos de la EDS ESTACIÓN 1.

**5.1.2 Revisión y evaluación de la información existente.** Durante la recopilación de la información existente en la estación de servicio (ESTACIÓN 1) se encontraron los resultados de caracterizaciones realizadas en las islas y en la zona de lavadero, los cuales se presentan en las Tablas 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

**Zona de islas (EDS ESTACIÓN 1):**

Tabla 10. Resultados caracterización STAR Isla EDS (ESTACIÓN 1)

Isla EDS (ESTACIÓN 1)				
Análisis	Identificación De La Muestra		Unidades	Métodos
	Afluente STAR	Efluente STAR		
SST	12	5,2	mg/L	S.M.2540.D
DQO	89	41	mg/L	S.M.5220 B
DBO5	52	27	mg/L	S.M.5210 B
Grasas y Aceites	9,2	5,1	mg/L	S.M.5520-G&A

Fuente: El Autor

Tabla 11. Cálculo de carga STAR Isla EDS (ESTACIÓN 1)

Carga STAR Isla EDS (ESTACIÓN 1)						
Parámetro	Afluente STAR			Efluente STAR		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
SST	12,00	0,075	0,08	5,20	0,08	0,036
DQO	89,00		0,58	41,00		0,283
DBO5	52,00		0,34	27,00		0,187
G&A	9,20		0,06	5,10		0,035

Fuente: El Autor

Tabla 12. Eficiencia STAR Isla EDS (ESTACIÓN 1)

Eficiencia STAR Isla EDS (ESTACIÓN 1)					
Parámetro	Afluente	Efluente	% Remoción	Norma	Cumplimiento
SST	0,08	0,04	53,78	>80%	NO
DQO	0,58	0,28	50,86	>80%	NO
DBO5	0,34	0,19	44,62	>80%	NO
G&A	0,06	0,04	40,87	>80%	NO

Fuente: El Autor

De acuerdo con la evaluación realizada a los resultados de caracterización encontrados del STAR de la EDS ESTACIÓN 1, se pudo determinar:

- La remoción realizada por el sistema de tratamiento de la zona de islas de la estación de servicio no da cumplimiento a los porcentajes de remoción en carga establecidos por el artículo 72 del decreto 1594 de 1984.
- Los resultados del laboratorio existentes muestran concentraciones afluentes muy bajas, por tal motivo se hace difícil que las remociones realizadas en las unidades convencionales de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 1, alcancen el 80% establecido en la normatividad vigente, artículo 72 del decreto 1594 de 1984.

- Es importante resaltar que en lo referente a los porcentajes de remoción obtenidos y su respectiva comparación con los lineamientos planteados en el artículo 72 del el decreto 1594 de 1984, para vertimientos a un cuerpo de agua; se tiene que la EDS ESTACIÓN 1, no brinda conformidad a la norma para ninguno parámetros establecidos, no obstante es importante resaltar que las concentraciones encontradas a la entrada y salida del sistema convencional de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas son muy bajas y por lo tanto la descarga que se realiza sobre el cuerpo de agua, Quebrada La Burra, no genera ningún tipo de impacto ambiental representativo.

#### Lavadero vehicular:

Tabla 13. Resultados caracterización lavadero Vehicular (ESTACIÓN 1)

Lavadero Vehicular (ESTACIÓN 1)				
Análisis	Identificación De La Muestra		Unidades	Métodos
	Afluente Humedal	Efluente Humedal		
SST	125	29	mg/L	S.M.2540.D
DQO	234	120	mg/L	S.M.5220 B
DBO5	187	89	mg/L	S.M.5210 B
Grasas Y Aceites	14,2	6,4	mg/L	S.M.5520-G&A

Fuente: El Autor

Tabla 14. Calculo de carga Lavadero Vehicular (ESTACIÓN 1)

Carga Lavadero Vehicular (ESTACIÓN 1)						
Parámetro	Afluente Humedal			Efluente Humedal		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
SST	125,00	0,158	1,71	29,00	0,659	1,651
DQO	234,00		3,19	120,00		6,833
DBO5	187,00		2,55	89,00		5,067
G&A	14,20		0,19	6,40		0,364

Fuente: El Autor

Tabla 15. Calculo de remoción del Humedal (ESTACIÓN 1)

Remoción Del Humedal (ESTACIÓN 1)					
Parámetro	Afluyente	Efluyente	% Remoción	Norma	Cumplimiento
SST	1,71	1,65	3,24	>80%	NO
DQO	3,19	6,83	-113,89	>80%	NO
DBO5	2,55	5,07	-98,51	>80%	NO
G&A	0,19	0,36	-87,98	>80%	NO

Fuente: El Autor

De acuerdo con la evaluación realizada a los resultados de caracterización encontrados del lavadero vehicular que opera en la ESTACIÓN 1, se pudo determinar:

- Los resultados obtenidos a partir de los análisis de laboratorio no son representativos debido a que las concentraciones encontradas no son típicas de establecimientos en los cuales se realiza el lavado de vehículos, tal como se referencia en la tabla No. 1.
- La variación de caudal a la entrada y salida del humedal, el cual está siendo empleado como sistema de tratamiento biológico de los residuos líquidos que genera el lavadero, puede ser causado por las condiciones del terreno y el drenaje natural que este recibe. Dado que durante la visita técnica no se evidenció ningún tipo de conexión hidráulica a la tubería de recolección adicional a la de la zona de lavado de vehículos, dichas diferencias limitan el cálculo objetivo de la remoción en carga y la eficiencia del sistema.

**5.1.3 Visita de identificación de las áreas de interés ambiental.** El caudal generado en el lavado de vehículos de la EDS ESTACIÓN 1, realizaba el vertimiento sin previo tratamiento al humedal ubicado en la parte posterior de la estación (ver Fotografía 5), afectando presuntamente las características físico-químicas del recurso en términos de calidad.

El terreno sobre el cual se encuentra el humedal, inicialmente fue impermeabilizado para almacenamiento de aguas lluvias, ya que la estación no contaba con concesión de aguas. No obstante una vez fue otorgada la concesión, el humedal se utilizó como receptor de las aguas residuales industriales provenientes del lavadero vehicular y las aguas lluvias que drenan hacia él, como consecuencia de las condiciones topográficas del terreno. Por tal motivo se ratificó la necesidad de realizar el diseño y construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales al lavadero vehicular, para lo que se propone la zona posterior al área de lavado (ver Fotografía 6).

El humedal existente se contempló como unidad de tratamiento final dado que en dichos sistemas ocurren mecanismos de filtración, adsorción, precipitación y degradación microbiana de la materia orgánica, al igual que algunas sustancias de interés sanitario, alcanzado de esta manera las remociones en carga esperadas antes del vertimiento final a la quebrada. [6]

Fotografía 5. Laguna receptora de vertimientos.



Fuente: El Autor

En lo referente a la localización del sistema propuesto para el tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en los baños de la EDS, se planteó

realizar la construcción de manera adyacente al sistema de tratamiento de aguas residuales industriales provenientes del lavadero vehicular, en la zona posterior al área de lavado (ver Fotografía 6), dado que son terrenos propios de la EDS, y de acuerdo a su dimensionamiento no presentaría afectación a predios vecinos.

Fotografía 6. Zona destinada para la construcción de los nuevos sistemas de tratamiento (ESTACIÓN 1).



Fuente: El Autor

#### 5.1.4 Ajuste y Rediseño de las Unidades Existentes EDS ESTACIÓN 1

**5.1.4.1 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Industriales Provenientes De La Zona De Islas EDS ESTACIÓN 1.** Teniendo en cuenta que durante las visitas técnicas realizadas a la EDS ESTACIÓN 1, se verificó de manera cualitativa que las unidades de tratamiento convencionales de aguas residuales industriales existentes en la zona de islas, presentan un adecuado funcionamiento y operación; no se contempló ningún cambio de tipo hidráulico o estructural, para el tren de tratamiento existente.

#### 5.1.4.2 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Industriales Provenientes Del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 1.

El sistema de tratamiento para el manejo de las aguas residuales generadas en lavadero de vehículos de la EDS ESTACIÓN 1, fue diseñado según las recomendaciones técnicas establecidas en los documentos “Guía Ambiental Para Estaciones de Servicio” del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), “Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos” de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB y “Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados” del Ing. Ricardo Alfredo López Cualla, Escuela Colombiana de Ingeniería.

En el esquema 5, se presentan las unidades que componen el tren de tratamiento propuesto, para el manejo de las aguas residuales de tipo industrial que se generan en la EDS ESTACIÓN 1, como consecuencia del funcionamiento y operación del lavadero vehicular.

Esquema 5. Tren de tratamiento lavadero vehicular EDS Estación 1



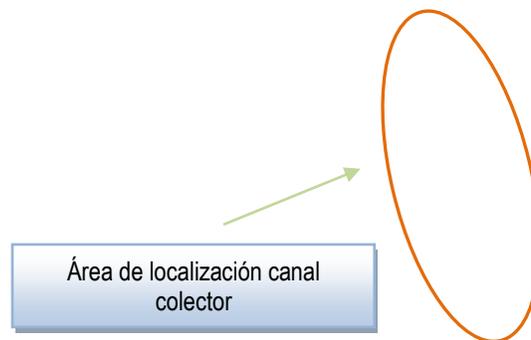
Fuente: El Autor

Los parámetros de diseño de las unidades que se contemplaron para el tren de tratamiento de las aguas residuales industriales, que se generan en la EDS ESTACIÓN 1 como consecuencia de la actividad de lavado de vehículos, se describen a continuación.

## Canal colector con rejilla

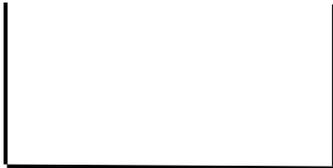
En la Tabla 16, se presentan las memorias de cálculo del canal colector, para el sistema de tratamiento del lavadero vehicular de la EDS ESTACIÓN 1, el cual fue construido con una longitud aproximada de 30 metros (ver Fotografía 7. Área de localización).

Fotografía 7. Área de localización canal colector lavadero EDS ESTACIÓN 1.



Fuente: El Autor.

Tabla 16. Memorias de cálculo canal colector lavadero EDS ESTACIÓN 1

<b>EDS ESTACIÓN 1</b>	
<b>Diseño de los canales sedimentadores</b>	
<b>Criterios de diseño lavadero tipo III (Tractomulas, camiones y vehículos pesados en general)</b>	
	

<b>EDS ESTACIÓN 1</b>		
<b>Diseño de los canales sedimentadores</b>		
<b>Criterios de diseño lavadero tipo III (Tractomulas, camiones y vehículos pesados en general)</b>		
Caudal máx. probable de diseño para el lavado de 15 vehículos simultáneamente	2	L/s
	0,002	m <sup>3</sup> /s
No de cárcamos	9	Und
Vehículos máx. de lavado	15	Und
Caudal por vehículo	0,13	L/s
Longitud del canal	30,00	m
<b>Ecuación de Manning <math>Q = (1/n) \cdot (A \cdot R^{2/3}) \cdot S^{1/2}</math></b>		
Caudal <b>Q</b>	0,002	m <sup>3</sup> /s
Coefficiente de rugosidad <b>n</b>	0,013	Concreto
Área <b>A</b>	(0,5*Y)	m <sup>2</sup>
Radio hidráulico <b>R</b>	$((0,5*Y)/(0,5+2*Y))^{2/3}$	m
Perímetro mojado <b>P</b>	(0,5+2*Y)	m
Pendiente <b>S</b>	(0,06) <sup>1/2</sup>	%
Altura hidráulica <b>Y</b>	1	cm
Altura total del canal <b>H</b>	0,4	m

Fuente: El Autor.

### **Caja de aforo**

Con el propósito de facilitar la toma de muestras para la caracterización, se recomendó la construcción de una caja de aforo a la entrada y salida del sistema de tratamiento bajo las siguientes dimensiones, profundidad (H) de 0,5 m, ancho de (B) 0,5 m, y largo de (L) 0,5 m.

En la Tabla 17, se presentan las memorias de calculo de la caja de aforo diseñada en el lavadero vehiculae de la EDS ESTACIÓN 1.

Tabla 17. Parámetros de Diseño Caja de Aforo lavadero EDS ESTACIÓN 1

<b>EDS ESTACIÓN 1</b>		
<b>CAJA DE AFORO</b>		
Diámetro de Tubería	pulgadas	4
Volumen Total	m <sup>3</sup>	0,125
Área Total	m <sup>2</sup>	0,25
Unidades	Und	1
Profundidad	m	0,5
Ancho	m	0,5
Largo	m	0,5

Fuente: El Autor

### **Desarenador y trampa grasas**

En la Tabla 18, se presentan las memorias de cálculo del desarenador de flujo horizontal diseñado como parte del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, del lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 1.

Tabla 18. Parámetros de diseño desarenador de flujo horizontal lavadero EDS ESTACIÓN 1

<b>DESARENADOR FLUJO HORIZONTAL</b>			
<b>Criterios de diseño</b>		<b>Intervalo</b>	<b>Típico</b>
Constante sedimentación de arenas	k		0,04
Sedimentación por acción de la gravedad	f		0,03
Grado de remoción de partículas 0,05 mm	mm	50 – 90	80%
Temperatura C			32
Viscosidad cinemática fluido	cm <sup>2</sup> /s		0,0077
Velocidad de sedimentación Vs	cm/s		0,29
Diámetro de partículas a remover	cm		0,005
Eficiencia de remoción	%		80%
Profundidad útil asumida	cm		60
Borde libre	cm		30
Número de Hazen 80%	n		4

<b>DESARENADOR FLUJO HORIZONTAL</b>			
<b>Criterios de diseño</b>		<b>Intervalo</b>	<b>Típico</b>
Tiempo que dura la partícula en llegar al fondo	s		206,0
Tiempo de retención hidráulico	s		824,15
	h		0,23
	min		13,74
Caudal de diseño	L/seg		2,0
	L/día		172800,0
	m <sup>3</sup> /s		0,002
Volumen requerido	m <sup>3</sup>		1,6
Área superficial	m <sup>2</sup>		2,75
Relación L:B 3:1			3
Ancho	m		<b>0,96</b>
Largo	m		<b>2,9</b>
Carga hidráulica superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *s		0,000728
	cm/s		0,0728
	m/d		62,90
Rango recomendado de carga hidráulica	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d		15 - 80
Diámetro de la partícula crítica	cm		0,0025
Velocidad horizontal	cm/s		0,35
Velocidad horizontal máxima			5,82
Velocidad de re suspensión	cm/s		9,29
<b>Cálculo vertedero rectangular sin contracciones</b>			
Altura de la cresta en el vertedero H	m		0,011
	cm		1,09
Velocidad en la cresta del vertedero	m/s		0,192
	cm/s		19,20
<b>Diseño Canal de salida</b>			
Alcance horizontal del vertimiento	m		0,17
Alcance total asumido	m		0,50

Fuente: El Autor

Es conveniente aclarar que el mantenimiento al desarenador debe darse en el momento que las arenas ocupen las 2/3 parte del volumen, de igual forma para la purga y retiro de arenas se construyo una caja ubicada en la parte lateral del sistema con el fin de realizar su evacuación por gravedad, dicha estructura cuenta con una válvula de bola de 2”.

## Filtro De Grava De Flujo Ascendente

En la Tabla 19, se presentan las memorias de cálculo de la unidad de filtración del sistema de tratamiento que se diseñó en la EDS ESTACIÓN 1.

Tabla 19. Parámetros de diseño filtro de flujo ascendente lavadero EDS ESTACIÓN 1

<b>EDS ESTACIÓN 1</b>		
<b>Diseño filtro de flujo ascendente</b>		
<b>Datos básicos de diseño</b>		
Caudal	72,0	m <sup>3</sup> /día
	72.000	L/día
Tiempo de operación efectivo	10	Horas
Tiempo de Retención asumido	0,01	día
	0,25	Horas
Volumen de contacto	0,8	m <sup>3</sup>
Altura del lecho asumido	0,8	m
Porosidad del medio filtrante	40	%
Volumen de contacto	0,8	m <sup>3</sup>
Volumen medio libre	0,5	m <sup>3</sup>
Volumen necesario con el medio filtrante	1,9	m <sup>3</sup>
Volumen total neto	2,3	m <sup>3</sup>
Área superficial medio poroso	2,34	m <sup>2</sup>
Altura zona libre	0,30	m
<b>Relación 1:1</b>		
Largo	1,53	m
Ancho	1,53	m
<b>Dimensiones Reales</b>		
Diámetro de Tubería (4")	0,10	m
Largo	1,5	m
Ancho	1,5	m
Borde entre el lecho y tubería de salida	0,2	m
Borde libre entre la tubería y la tapa	0,2	m
Altura total	1,6	m

<b>EDS ESTACIÓN 1</b>		
<b>Diseño filtro de flujo ascendente</b>		
<b>Datos básicos de diseño</b>		
Material de soporte (grava media )	40 - 80	mm
<b>Falso fondo</b>		
Falso fondo	0,3	m
Aberturas del falso fondo	0,03	m
Separación entre aberturas del falso fondo	0,15	m

Fuente: El Autor

De igual forma para la limpieza de la unidad de filtración se realizó la construcción de una caja conectada con una válvula de bola, dicha estructura fue construida en el costado lateral de la unidad de filtración.

Es conveniente resaltar que la unidad de tratamiento final, del lavadero vehicular existente en la EDS ESTACIÓN 1, es el humedal que se encuentra localizado en la zona posterior del establecimiento; el cual finalmente realiza la descarga de aguas residuales tratadas sobre el cuerpo de agua receptor Quebrada La Burra.

Los planos correspondientes a cada una de las unidades convencionales diseñadas, para el tratamiento de las aguas residuales industriales que se generan en el lavadero vehicular de la EDS ESTACIÓN 1, se presentan en los anexos A y B del presente documento.

**5.1.4.3 Manual de Mantenimiento Tren de Tratamiento Aguas Residuales Industriales EDS ESTACIÓN 1.** Con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento del sistema, se presentan las siguientes recomendaciones, las cuales fueron extraídas del Documento “Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos” de la CDMB y dado que el caudal de diseño no supera los 50 L/s se recomienda realizar una limpieza manual de la unidad:

## **Desarenador y Trampa Grasas**

Se mantendrán los siguientes cuidados para obtener un óptimo funcionamiento de sistema:

- a. Retirar manualmente los residuos de basuras retenidos en la rejilla de cribado y el canal colector.
- b. Retirar las natas o grasas y aceites y almacenarlas en recipientes idóneos para su posterior disposición final.
- c. Seleccionar el material retenido en la rejilla y almacenarlo en recipientes facilitando el reciclaje.
- d. Revisar periódicamente los componentes metálicos de la rejilla de cribado.
- e. Medir periódicamente el lecho de arena acumulado.
- f. Aislar o realizar mantenimiento al desarenador en el momento en que la arena ocupe  $2/3$  del volumen.
- g. Remover la arena que se ha acumulado.
- h. Transportar el material removido al sitio de disposición final.
- i. Lavar el desarenador para ser utilizado nuevamente.
- j. Limpiar la superficie retirando la capa de grasas que se genera periódicamente (2 veces por semana).

- k. Evitar el ingreso al sistema de sustancias toxicas que lo puedan interferir en el funcionamiento.

### **Filtro de Flujo Ascendente**

El mantenimiento de la unidad de filtración es muy importante y debe hacerse de acuerdo a las siguientes recomendaciones:

- a. Cerrar el afluente y evacuar el agua remanente en el filtro
- b. Realizar el lavado superficial de la unidad
- c. Realizar el lavado descendente y evacuar el flujo por la tubería de purga de la estructura
- d. Realizar el lavado y cambio del material de soporte si es necesario
- e. Mantener la estructura tapada
- f. Si es necesario se podría instalar una capa de material de filtración (Fique), con el objeto de optimizar la calidad del flujo.

**5.1.4.4 Cantidades De Obra Y Presupuesto lavadero EDS ESTACIÓN 1.** De acuerdo a los cálculos realizados, se presenta en la Tabla 20, las cantidades de obra aproximadas y el presupuesto calculado para la construcción del tren de tratamiento propuesto para el manejo de las aguas residuales provenientes del lavado de vehículos.

Tabla 20. Cantidades de obra y presupuesto lavadero EDS ESTACIÓN 1.

CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO EDS EL ESTACIÓN 1					
PRESUPUESTO OBRA CIVIL					
ITEMS DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	V/UNIT	V/TOTAL
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACION, NIVELACION Y REPLANTEO	ML	30	4.368,00	131.040,00
1.2	CAMPAMENTO - ALQUILER	GLB	1	1.222.475,00	1.222.475,00
1.3	VALLA INFORMATIVA - SEÑALIZACIÓN	GLB	1	962.400,00	962.400,00
1.4	ASEO Y LIMPIEZA GENERAL	GLB	1	272.950,00	272.950,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.588.865,00</b>
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRA</b>				
2.1	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN h ≤ 2,50 m	M3	64,704	21.050,00	1.362.019,20
2.2	RELLENO COMPACTADO EN MATERIAL COMÚN	M3	15,42	21.264,00	327.890,88
2.3	SUMINISTROE INST, DE GRAVA PARA FILTRO	M3	4,176	71.269,00	297.619,34
2.4	RETIRO DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRENTE	M3	51,924	32.000,00	1.661.568,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>3.649.097,42</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>				
3.1	CONCRETO DE 3000 PSI	M3	7,884	557.494,00	4.395.282,70
3.2	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	KG	25,416	5.923,00	150.538,97
3.3	MAMPOSTERIA PARA ESTRUCTURAS EN LADRILLO	M2	36,912	54.341,00	2.005.834,99
3.4	FRISO IMPERMEABILIZADO e = 0,02	M2	21,384	14.343,00	306.710,71
3.5	TAPA METALICA	M2	3,96	374.158,00	1.481.665,68
3.6	REJILLA METALICA	ML	30	59.712,00	1.791.360,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>10.131.393,05</b>
<b>4</b>	<b>TUBERIAS Y ACCESORIOS</b>				
4.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA SANITARIA Ø = 4"	ML	38	65.480,00	2.488.240,00
4.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS SANITARIOS Ø = 4"	UN	6	52.460,00	314.760,00
4.3	SUMINISTRO E INSTALACION VALVULA UNIVERSAL ROSCADA 2"	UN	2	207.545,00	415.090,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>3.218.090,00</b>
<b>COSTO DIRECTO OBRA CIVIL</b>					<b>19.587.445,47</b>
<b>AIU 25%</b>					<b>4.896.861,37</b>
<b>COSTO TOTAL DEL OBRA CIVIL</b>					<b>24.484.306,84</b>

Fuente: El Autor

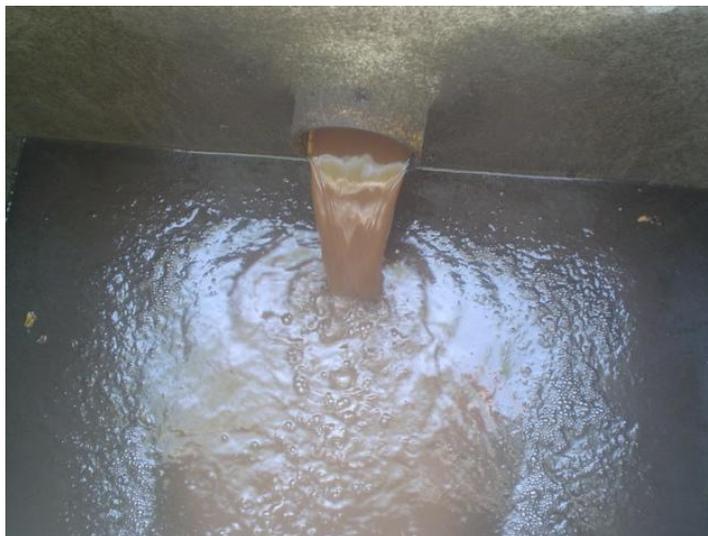
**5.1.4.5 Unidades de tratamiento de aguas residuales industriales construidas lavadero vehicular EDS ESTACIÓN 1.** En las Fotografías 8, 9,10 y 11, se presenta el registro fotográfico de las unidades construidas, que componen el tren de tratamiento implementado en la EDS ESTACIÓN 1, para el manejo adecuado de las aguas residuales industriales provenientes del lavadero vehicular.

Fotografía 8. Canal colector con rejilla



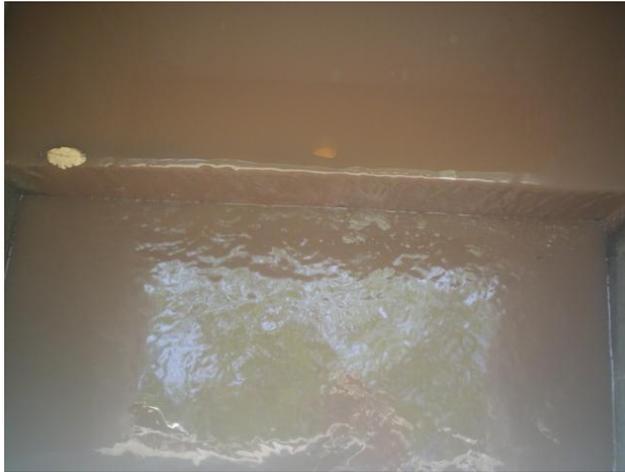
Fuente: El Autor

Fotografía 9. Caja de aforo



Fuente: El Autor

Fotografía 10. Desarenador trampa de grasas



Fuente: El Autor

Fotografía 11. Filtro de flujo ascendente



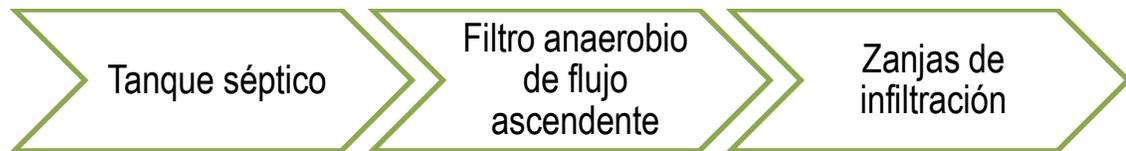
Fuente: El Autor

**5.1.4.6 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Domesticas EDS ESTACIÓN 1.** El sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas generadas en la EDS ESTACIÓN 1, fue diseñado según las recomendaciones técnicas establecidas en los documentos “Guía Ambiental Para Estaciones de Servicio” del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), “Normas Técnicas, diseño,

construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales” de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB y parámetros del Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, Título E, Sistemas de tratamiento en el sitio de origen.

En el esquema 6, se presentan las unidades que componen el tren de tratamiento propuesto, para el manejo de las aguas residuales de tipo doméstico que se generan en la EDS ESTACIÓN 1, como consecuencia del uso de las baterías sanitarias, por parte de los empleados y clientes de la estación.

Esquema 6. Tren de tratamiento baterías sanitarias EDS Estación 1



Fuente: El Autor

Los parámetros de diseño de las unidades que se contemplaron para el tren de tratamiento de las aguas residuales domésticas, que se generan en la EDS ESTACIÓN 1, como consecuencia del uso de las baterías sanitarias, se presentan a continuación.

### **Tanque Séptico**

Para la EDS ESTACIÓN 1, se realizó el cálculo de un sistema de tratamiento para los baños públicos existentes con una dotación de 480 L/baño-día, dotación establecida en el RAS 2000, Tabla E.7.1, de igual forma el periodo de retención hidráulico establecido para este tipo de sistemas es de 24 horas.

En la Tabla 21 se presentan las memorias de cálculo del sistema referido, es conveniente aclarar que el volumen útil calculado es inferior al mínimo establecido en diferentes referencias bibliográficas, es por ello que se asumió como volumen útil mínimo el recomendado por las Normas Técnicas, diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición final de efluentes de la CDMB (ver planos 1 y 2).

Tabla 21. Parámetros de diseño tanque séptico aguas domésticas EDS ESTACIÓN 1.

<b>EDS ESTACIÓN 1</b>		
<b>DISEÑO SISTEMA TANQUE SÉPTICO</b>		
<b>TANQUE SÉPTICO</b>		<b>DISEÑO SEGÚN NORMA</b>
Numero de baños EDS	Baños	2
Dotación media	L/baño día	480
Factor de retorno		0,9
Caudal de diseño periodo de operación	m <sup>3</sup> /día	0,9
Tiempo de retención hidráulico	día	1
Volumen útil Necesario	m <sup>3</sup>	0,9
Volumen útil asumido por el diseñador	m <sup>3</sup>	2,0
Volumen de Lodos	m <sup>3</sup>	Asume 20 % del volumen útil para el almacenamiento de lodos anaeróbicos
Volumen de lodos	m <sup>3</sup>	0,4
Volumen total	m <sup>3</sup>	2,4
<b>Para nuestro caso se construirá un tanque séptico</b>		
Altura útil asumida	m	1,2
Área superficial por unidad	m <sup>2</sup>	2,0
Altura de almacenamiento de lodos por unidad	m	0,2
Borde libre	m	0,3
<b>Relación largo - ancho <math>2 &lt; l/b &lt; 4</math></b>		
Ancho por unidad	m	1,0
largo por unidad	m	2,0
Altura total	m	1,7
Compartimiento 2 (1/3)	m	0,7
Compartimiento 1 (2/3)	m	1,3

Fuente: El Autor

## Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

En la Tabla 22, se presentan las memorias de cálculo para el filtro anaerobio de flujo ascendente, del sistema de tratamiento que se diseñó en la EDS ESTACIÓN 1, para el tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en la zona de baños públicos.

Tabla 22. Parámetros de diseño filtro anaerobio de flujo ascendente domésticas EDS ESTACIÓN 1

<b>EDS ESTACIÓN 1</b>		
<b>DISEÑO FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE</b>		
<b>DATOS BÁSICOS DE DISEÑO</b>		
Caudal	0,9	m <sup>3</sup> /día
	864	L/día
Tiempo de Retención asumido	0,8	día
	18,0	Horas
Altura del lecho asumido	0,8	m
Volumen de contacto	0,6	m <sup>3</sup>
Volumen medio libre	0,4	m <sup>3</sup>
Porosidad del medio filtrante	40,0	%
Volumen necesario con el medio filtrante	1,6	
Volumen total neto	2,0	
Área superficial medio poroso	2,0	m <sup>2</sup>
Borde libre	0,30	
<b>Relación 1:1</b>		
Largo	1,4	m
Ancho	1,4	m
<b>Dimensiones Reales</b>		
Diámetro de Tubería (4")	0,10	m
Largo	1,4	m
Ancho	1,4	m
Borde entre el lecho y tubería de salida	0,2	m
Altura total	1,7	m
Material de soporte (Grava media )	40 - 80	mm
<b>Falso fondo</b>		
Falso fondo	0,3	m
Aberturas del falso fondo	0,03	m
Separación entre aberturas del falso fondo	0,15	m

Fuente: El Autor.

## Zanjas De Infiltración

En la Tabla 23, se presentan las memorias de cálculo de las zanjas de infiltración diseñadas, las cuales fueron contempladas como unidad final del tren de tratamiento, para realizar la disposición de las aguas residuales domésticas.

En lo referente a la tasa de absorción utilizada para efectos de cálculo; se precisa que se determinó de acuerdo a las características típicas a la zona de incidencia de la EDS ESTACIÓN 1, a estudios de percolación realizados previamente los cuales reportan que el tipo de suelo existente es Franco Arcilloso y su tasa de absorción es lenta, y a los valores recomendados por el documento “Normas Técnicas Diseño, Construcción e Instalación de Tanques Sépticos y Disposición de Efluentes Finales de la CDMB” para este tipo de suelos.

Tabla 23. Parámetros de diseño zanjas de infiltración aguas domésticas EDS ESTACIÓN 1

EDS ESTACIÓN 1			
ZANJAS DE INFILTRACIÓN			
Ítem	Unidad	Cantidad	Bibliografía
Caudal	m <sup>3</sup> /día	0,86	
	L/d	864	
Profundidad útil de la zanja	m	0,6	Normas Técnicas para diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y de disposición de efluentes finales
Esparcimiento entre ramal	m	2,5	CDMB
Taza de absorción, arena fina franco arcillosa	L/m <sup>2</sup> *día	66	Normas Técnicas para diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y de disposición de efluentes finales
Área requerida para la infiltración	m <sup>2</sup>	13,09	
Capacidad de la zanja	L/m*día	39,6	
Longitud requerida de zanjas	m	21,8	
Ancho de la zanja calculado		0,6	

<b>EDS ESTACIÓN 1</b>			
<b>ZANJAS DE INFILTRACIÓN</b>			
Ancho por zanja asumido		0,6	
<b>RECOMENDACIÓN</b>		Se construirá una zanja de 22 metros de largo ó dos zanjas de 11 metros	

Fuente: El Autor

Es conveniente precisar que en los anexos C y D se presentan los planos para cada uno de los sistemas presentados anteriormente, allí se encontraran los detalles de construcción de cada uno de ellos.

**5.1.4.7 Manual De Mantenimiento Tren De Tratamiento Aguas Residuales Domesticas EDS ESTACIÓN 1.** Con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, se presentan las siguientes recomendaciones, las cuales fueron extraídas del Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 y las Normas técnicas de diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales de la CDMB.

### **Tanque Séptico**

Se mantendrán los siguientes cuidados para obtener un óptimo funcionamiento de sistema:

- a. Usar solo papel higiénico; en lo posible no se permitirá el paso del papel hacia la tasa sanitaria.
- b. No usar productos químicos ni desinfectantes por que estos inhibirán los procesos biológicos que ocurren en el tanque.
- c. Deberá impedirse la entrada de aguas superficiales al tanque.

- d. Cuando produzca malos olores, será conveniente usar una sustancia alcalinizante, como por ejemplo cal.
- e. Se realizará una inspección al tanque cada 12 meses, para verificar su funcionamiento.

Cuando se realiza la limpieza del tanque se deberán guardar las siguientes precauciones:

- a. No deberá lavarse ni desinfectarse el tanque, después de la evacuación del lodo, ya que debe dejarse una cantidad de lodos para propósitos de inoculación y reactivación del proceso de digestión.
- b. Cuando se efectuó la limpieza del tanque, deberá tenerse cuidado de no entrar en el tanque hasta que sea profusamente ventilado y los gases se hayan desalojado, para evitar riesgos de explosión y asfixia.
- c. La limpieza del tanque séptico, deberá realizarse en el momento en que su capacidad se reduzca debido a la acumulación de lodos y natas.
- d. La limpieza será necesaria cuando el fondo del manto de natas sea menor de 7,5 cm del borde inferior del tubo de conexión.

### **Filtro Anaerobio**

- a. Evitar el ingreso al sistema de sustancias tóxicas que lo puedan interferir en el funcionamiento.
- b. El periodo de limpieza del filtro deberá coincidir con la limpieza del tanque séptico.

## **Zanjas De Infiltración**

Para favorecer la vida útil del sistema se recomienda lo siguiente:

- a. Todos los canales deberían tener el mismo largo
- b. En terrenos planos, las líneas deben ubicarse paralelas a las curvas de nivel
- c. Para permitir una buena ventilación las líneas pueden terminar en pequeños pozos de 90cm de diámetro, preferiblemente hechos con cascajo
- d. Se recomienda sembrar grama en el campo para ayudar a la absorción del líquido efluente
- e. Se recomienda el uso de cámaras dosificadoras con sifones para tener una buena distribución del agua residual en el tanque de infiltración.
- f. Si el tipo de suelo es muy permeable o de lo contrario muy impermeable se recomienda sustituir el material del suelo del área de absorción por arenas con tierras ligeramente arcillosas que garanticen una tasa de absorción adecuada.

### **5.1.4.8 Cantidades De Obra Y Presupuesto Zona de Baños EDS ESTACIÓN 1.**

De acuerdo a los cálculos realizados, se presenta en la Tabla 24., las cantidades de obra aproximadas generadas por la construcción del tren de tratamiento propuesto para el manejo de las aguas residuales provenientes de los baños público.

Tabla 24. Cantidades de obra aguas domésticas EDS ESTACIÓN 1

	Caja de inspección	Tanque séptico	Filtro anaerobio	Caja de distribución	Zanja de infiltración	Total
Excavación	1,3	7,6	6,9	1,6	17,2	<b>34,6</b>
Relleno	0	1,3	1,4	0,5	11,9	<b>15,1</b>
Concreto 3000	0,3	1,0	1,0	0,3	0	<b>2,6</b>
Mampostería	2,0	13,4	9,9	2,7	0	<b>27,6</b>
Friso impermeabilizado	0,2	13,6	9,0	2,2	0	<b>25,0</b>
Acero						<b>112</b>
Grava o piedra	0	0	2,0	0	0	<b>2,0</b>
Filtro	0	0	0	0	11	<b>11,0</b>
Material sobrante	1,3	6,4	5,5	1,1	5,3	<b>19,1</b>

Fuente: El Autor

En la Tabla No. 25 se presenta el presupuesto para la fase de construcción del tren de tratamiento propuesto.

Tabla 25. Presupuesto general aguas domésticas EDS ESTACIÓN 1

CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO EDS ESTACIÓN 1					
PRESUPUESTO OBRA CIVIL					
ITEMS DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	V/UNIT	V/TOTAL
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACION, NIVELACION Y REPLANTEO	ML	20	4.368	87.360
1.2	CAMPAMENTO - ALQUILER	GLB	1	1.222.475	1.222.475
1.3	VALLA INFORMATIVA - SEÑALIZACIÓN	GLB	1	962.400	962.400
1.4	ASEO Y LIMPIEZA GENERAL	GLB	1	272.950	272.950
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.545.185</b>
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRA</b>				
2.1	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN h ≤ 2,50 m	M3	35	21.050	736.750
2.2	RELLENO COMPACTADO EN MATERIAL COMÚN	M3	16	21.264	340.224
2.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GRAVA PARA FILTRO ANAEROBIO	M3	2	71.269	142.538
2.4	RETIRO DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRANTE	M3	20	32.000	640.000
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>1.859.512</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>				
3.1	CONCRETO DE 3000 PSI	M3	3	557.494	1.672.482
3.2	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	KG	112	5.923	663.376
3.3	MAMPOSTERIA PARA ESTRUCTURAS EN LADRILLO	M2	28	54.341	1.521.548
3.4	FRISO IMPERMEABILIZADO e = 0,02	M2	25	14.343	358.575
3.5	FILTRO EN GRAVA Y TUBERIA PERFORADA	M3	11	63.478	698.258
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>4.914.239</b>
<b>4</b>	<b>TUBERIAS Y ACCESORIOS</b>				
4.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA VENTILACION Ø = 2"	ML	2	30.715	61.430
4.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS Ø = 2"	UN	4	24.744	98.976
4.3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA SANITARIA Ø = 4"	ML	36	65.480	2.357.280
4.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS SANITARIOS Ø = 4"	UN	15	52.460	786.900
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>3.304.586</b>
<b>COSTO DIRECTO OBRA CIVIL</b>					<b>12.623.522</b>
<b>AIU 25%</b>					<b>3.155.881</b>
<b>COSTO TOTAL DEL OBRA CIVIL</b>					<b>15.779.403</b>

Fuente. El Autor

**5.1.4.9 Unidades de tratamiento de aguas residuales domésticas construidas**  
**EDS ESTACIÓN 1.** El tren de tratamiento de aguas residuales domésticas, provenientes de los baños, construido en la EDS ESTACIÓN 1 se evidencia en las Fotografías 12 y 13.

Fotografía 12. Tren de tratamiento aguas residuales doméstica



Fuente: El Autor

Fotografía 13. Filtro anaerobio de flujo ascendente aguas domésticas EDS ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor

**5.1.5 Evaluación de La Operación Y Funcionamiento de Los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Construidos EDS ESTACIÓN 1.** Con el fin de realizar la evaluación de los sistemas de tratamiento convencionales construidos, para el manejo de las aguas residuales tanto de tipo doméstico como industrial que se producen en la EDS ESTACIÓN 1 como consecuencia del lavado de islas, la operación del lavadero vehicular y el uso de las baterías sanitarias existentes en la estación, se realizó el aforo para determinar el comportamiento hidráulico y la caracterización fisicoquímica de los 3 sistemas de tratamiento. De esta forma se verificó el cumplimiento, del Artículo 72 del decreto 1594 de 1984 el cual reglamenta el vertimiento de residuos líquidos sobre un cuerpo de agua, y los tiempos de retención y cargas contaminantes típicas establecidas por la el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E, para de este modo dar continuidad al trámite de permiso de vertimientos en beneficio del establecimiento mencionado.

A continuación se describen los parámetros físico-químicos objetos del presente estudio los cuales se encuentran contemplados dentro de los requisitos establecidos en el artículo 72 del decreto 1594 de 1984, para el trámite del permiso de vertimientos líquidos.

- pH y Temperatura
- Grasas y aceites
- Sólidos suspendidos totales
- Demanda bioquímica de oxígeno  $DBO_5$

Es importante precisar que durante la jornada de monitoreo realizada, para la recolección de las muestras de agua residuales, se contó tanto con el acompañamiento por parte del personal administrativo encargado de la estación como de la autoridad ambiental competente en la zona donde se encuentra localizada la EDS ESTACIÓN 1.

**5.1.5.1 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 1.** Es importante precisar que al sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 1, no se le realizó ningún tipo de ajuste o rediseño, dado que durante las visitas técnicas realizadas se verificó de manera cualitativa, que las unidades que componen el tren de tratamiento actual operan de manera correcta. No obstante se hizo necesario realizar la evaluación fisicoquímica del sistema para determinar cuantitativamente que en cuanto a la remoción en carga contaminante de las aguas residuales industriales generadas en la zona de islas se brinda conformidad con los lineamientos planteados por la normatividad vigente ( artículo 72 decreto 1594 de 1984).

Los sistemas de tratamiento de las zonas de islas, de las estaciones de servicio, son construidos con el objetivo de brindar tratamiento a las aguas residuales industriales que se generan durante las actividades de lavado debido a que se realiza arrastre de material contaminante y adicionalmente como contingencia en caso de alguna fuga o derrame de combustible. Por tal motivo para efectuar el aforo y recolección de muestras, se hizo necesario realizar el lavado de la islas y de esta manera inducir el caudal.

En la tabla 26, se presentan las mediciones realizadas In situ, para los parámetros de pH y Temperatura, de las muestras recolectadas durante la jornada de monitoreo realizada en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 1.

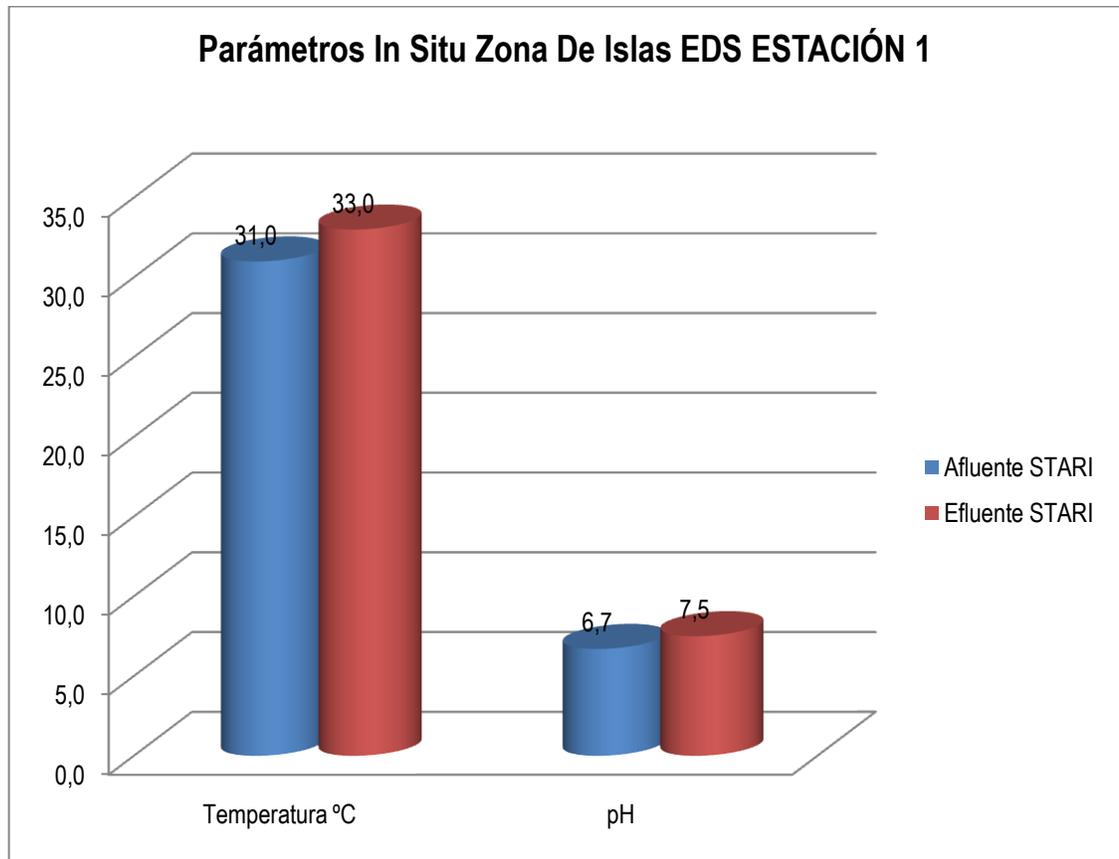
Tabla 26. Parámetro In Situ EDS ESTACIÓN 1

Parámetros In Situ Zona de Islas EDS (ESTACIÓN 1)		
Parámetro	Afluente	Efluente
Temperatura °C	31,0	33,0
pH	6,7	7,5

Fuente: El Autor

En la grafica 1, se presentan los parámetros medidos In Situ en el afluente y efluente del tren de tratamiento de aguas residuales industriales de la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 1.

Grafica 1. Parámetros medidos In Situ EDS ESTACIÓN 1.



Fuente: El Autor

Los resultados reportados por el laboratorio, de los parámetros mencionados anteriormente, de las muestras recolectadas en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 1 se presentan en la tabla 27.

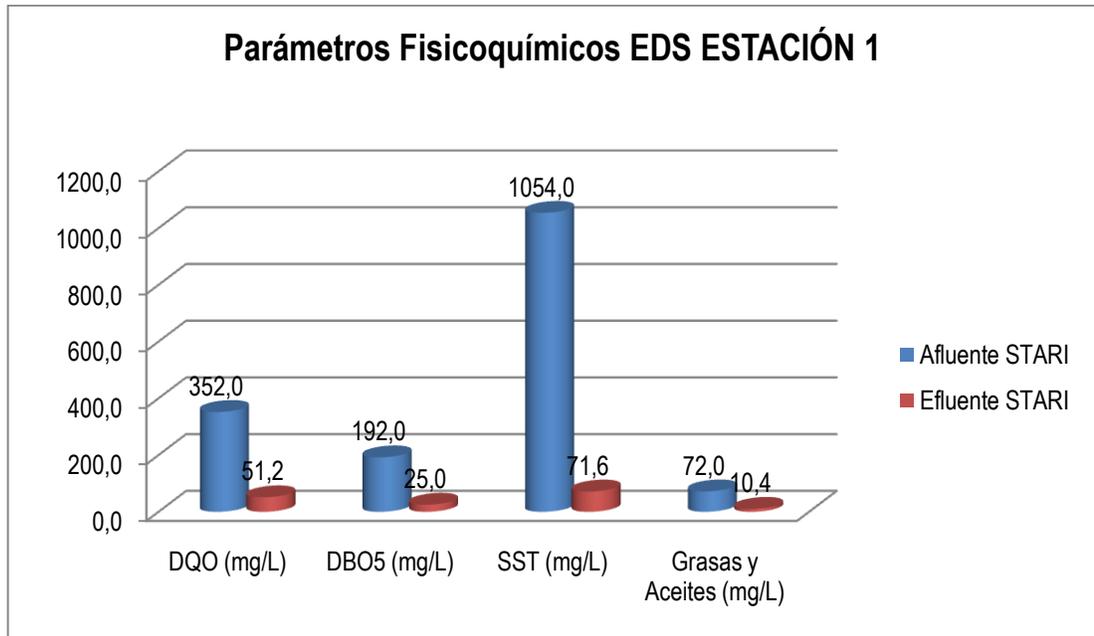
Tabla 27. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio zona de islas EDS ESTACIÓN 1

Zona de Islas EDS (ESTACIÓN 1)				
Análisis	Identificación De La Muestra		Unidades	Métodos
	Afluente STARI	Efluente STARI		
DQO	352,0	51,2	mg/L	5220-B
DBO5	192,0	25,0	mg/L	5210-B
SST	1054,0	71,6	mg/L	2540-D
Grasas y Aceites	72,0	10,4	mg/L	5520-B

Fuente: El Autor

En la gráfica 2 se ilustran los resultados reportados por el laboratorio, de las muestras recolectadas de manera puntual en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 1.

Gráfica 2. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio zona de islas EDS ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor

Los cálculos de la carga contaminante afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 1, se encuentran ilustrados a continuación en la tabla 28. Dichos cálculos fueron hechos teniendo en cuenta la duración de la actividad de lavado de islas y los resultados reportados por el laboratorio de las muestras tomadas durante la jornada de monitoreo.

Tabla 28. Calculo de carga contaminante STARI EDS ESTACIÓN 1

Calculo Carga Zona de Islas EDS (ESTACIÓN 1)						
Parámetro	Afluente			Efluente		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
DQO	352	0,09	0,019	51,2	0,092	0,003
DBO	192		0,010	25		0,001
SST	1054		0,057	71,6		0,004
G&A	72		0,004	10,4		0,001
Tiempo de Vertimiento				10 min		

Fuente: El Autor

Teniendo en cuenta los datos reportados por el laboratorio y los cálculos de carga realizados en el afluente y efluente del sistema de tratamiento, en la Tabla 29, se presentan los cálculos de remoción en lo referente a los parámetros de DQO, DBO<sub>5</sub>, SST y Grasas y Aceites.

Tabla 29. Eficiencia STARI EDS ESTACIÓN 1

Calculo Porcentaje de Remoción en Carga			
Parámetro	Carga afluente (kg/d)	Carga efluente (kg/d)	% de Remoción
DQO (kg/d)	0,019	0,003	85,13
DBO (kg/d)	0,010	0,001	86,69
SST (kg/d)	0,057	0,004	93,06
G&A (kg/d)	0,004	0,001	85,23

Fuente: El Autor

En la tabla 30, se presenta la comparación de la remoción en carga del sistema de tratamiento existente en la zona de islas de las EDS ESTACIÓN 1 y los lineamientos establecidos en el artículo 72 del decreto 1594 de 1984, de esta manera se evidencia que la EDS cumple con lo exigido por la normatividad ambiental vigente para la obtención del permiso de vertimientos líquidos.

Tabla 30. Comparación eficiencia del sistema y decreto 1594 del 1984 zona de islas EDS ESTACIÓN 1

Cumplimiento Usuario Nuevo Artículo 72 Decreto 1594 de 1984					
Parámetro	Afluente	Efluente	% de Remoción	Norma de Vertimiento	Cumplimiento
Temperatura °C	31,000	33,000	---	< 40 °C	OK
pH	6,700	7,500	---	5 a 9	OK
DBO (kg/d)	0,010	0,001	86,69	> 80%	OK
SST (kg/d)	0,057	0,004	93,06	> 80 %	OK
G&A (kg/d)	0,004	0,001	85,23	>80%	OK

Fuente: El Autor

**5.1.5.2 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 1.** De acuerdo con los resultados obtenidos de las mediciones realizadas In Situ, durante la jornada de monitoreo y los datos reportados por el laboratorio de las muestras recolectadas en el afluente y efluente del tren de tratamiento existente en la zona de islas se pudo determinar qué:

- El sistema de tratamiento existente en la zona de islas EDS ESTACIÓN 1, está instalado como contingencia, en caso tal que ocurra un derrame o fuga de combustibles. Por tal motivo para llevar a cabo el monitoreo realizado, se hizo necesario inducir el caudal mediante la actividad de lavado de la zona.

- Los parámetros referentes a pH y Temperatura, los cuales corresponden a las mediciones In Situ realizadas durante el monitoreo del afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la EDS ESTACIÓN 1, no exceden los límites establecidos por el artículo 72 del decreto 1594 de 1984; el cual reglamenta los vertimientos de residuos líquidos sobre un cuerpo de agua.
- Los porcentajes de remoción en carga, de los parámetros analizados en el laboratorio de las muestras recolectadas durante el monitoreo, reportan una eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 1 por encima del 85%, para todos los parámetros.
- Actualmente el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 1, brinda cumplimiento al artículo 72 del decreto 1594 de 1984, en lo referente a la remoción en carga de los parámetros correspondientes a DBO, SST y G&A.

**5.1.5.3 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 1.** Con el fin de efectuar el aforo de caudales y la recolección de muestras de agua residual de tipo industrial, en el afluente y efluente del sistema de tratamiento construido para el manejo de las aguas que se generan a causa del funcionamiento del lavadero vehicular, se hizo necesario realizar un monitoreo durante una jornada de 12 horas; periodo de tiempo por el cual el lavadero vehicular trabaja diariamente.

Durante la jornada de monitoreo se realizó el aforo y la toma de muestras puntuales, en la caja de aforo (afluente) y a la salida del humedal (efluente) durante cada hora, con el objetivo de determinar el caudal medio diario utilizado por el lavadero para el desarrollo de sus actividades y posteriormente preparar la muestra compuesta para su respectivo análisis en el laboratorio, teniendo como

base el comportamiento hidráulico detectado durante la jornada y las muestras puntuales recolectadas.

En las tablas 31 y 32, se presentan los datos de campo obtenidos de los aforos y las mediciones realizadas In Situ, en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido en la EDS ESTACIÓN 1, para el manejo de los residuos líquidos producidas como consecuencia de la actividad de lavado de vehículos.

Tabla 31. Datos de campo afluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 1

Parámetros In Situ Afluente STARI Lavadero EDS ESTACIÓN 1					
Hora	Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal (L/s)	pH	Temperatura °C
06:00 a.m.	2,64	1,81	1,46	8,43	29,20
07:00 a.m.	2,49	1,78	1,40	8,31	29,10
08:00 a.m.	3,38	2,25	1,50	8,50	30,40
09:00 a.m.	2,30	1,69	1,36	8,23	31,30
10:00 a.m.	3,16	2,87	1,10	8,13	32,10
11:00 a.m.	3,36	1,91	1,76	8,78	33,40
12:00 p.m.	1,88	1,55	1,21	8,86	35,60
01:00 p.m.	6,28	3,85	1,63	8,80	34,10
02:00 p.m.	5,68	3,97	1,43	8,69	33,20
03:00 p.m.	4,06	2,82	1,44	8,42	31,00
04:00 p.m.	4,69	3,21	1,46	8,31	32,60
05:00 p.m.	1,70	1,19	1,43	8,42	29,70
06:00 p.m.	2,29	1,56	1,47	8,16	29,50
Promedio	3,38	2,34	1,43	---	---
Valor Máximo	6,28	3,97	1,76	8,86	35,60
Valor Mínimo	1,70	1,19	1,10	8,13	29,10

Fuente: El Autor

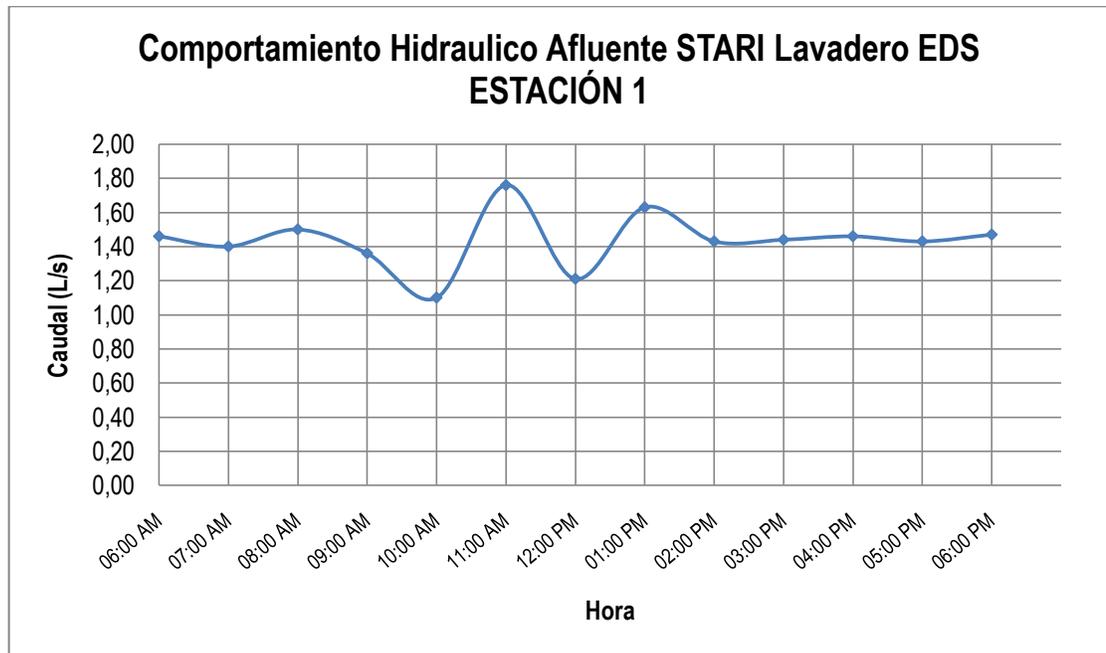
Tabla 32. Datos de campo efluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 1

Parámetros In Situ Efluente STARI Lavadero EDS ESTACIÓN 1					
Hora	Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal (L/s)	pH	Temperatura °C
06:00 a.m.	3,41	2,37	1,44	7,52	30,10
07:00 a.m.	2,75	1,81	1,52	7,47	30,40
08:00 a.m.	3,12	2,28	1,37	7,50	30,10
09:00 a.m.	3,05	1,84	1,66	7,70	31,30
10:00 a.m.	3,93	2,62	1,50	8,24	31,70
11:00 a.m.	2,41	1,40	1,72	8,50	31,40
12:00 p.m.	1,65	1,12	1,47	8,70	32,00
01:00 p.m.	3,64	2,51	1,45	8,80	32,10
02:00 p.m.	6,47	4,34	1,49	8,75	32,00
03:00 p.m.	4,34	3,19	1,36	8,60	31,90
04:00 p.m.	6,52	4,50	1,45	8,67	31,70
05:00 p.m.	4,32	3,02	1,43	8,80	32,00
06:00 p.m.	2,85	1,94	1,47	8,50	31,40
Promedio	3,73	2,53	1,49	---	---
Valor Máximo	6,52	4,50	1,72	8,80	32,10
Valor Mínimo	1,65	1,12	1,36	7,47	30,10

Fuente: El Autor

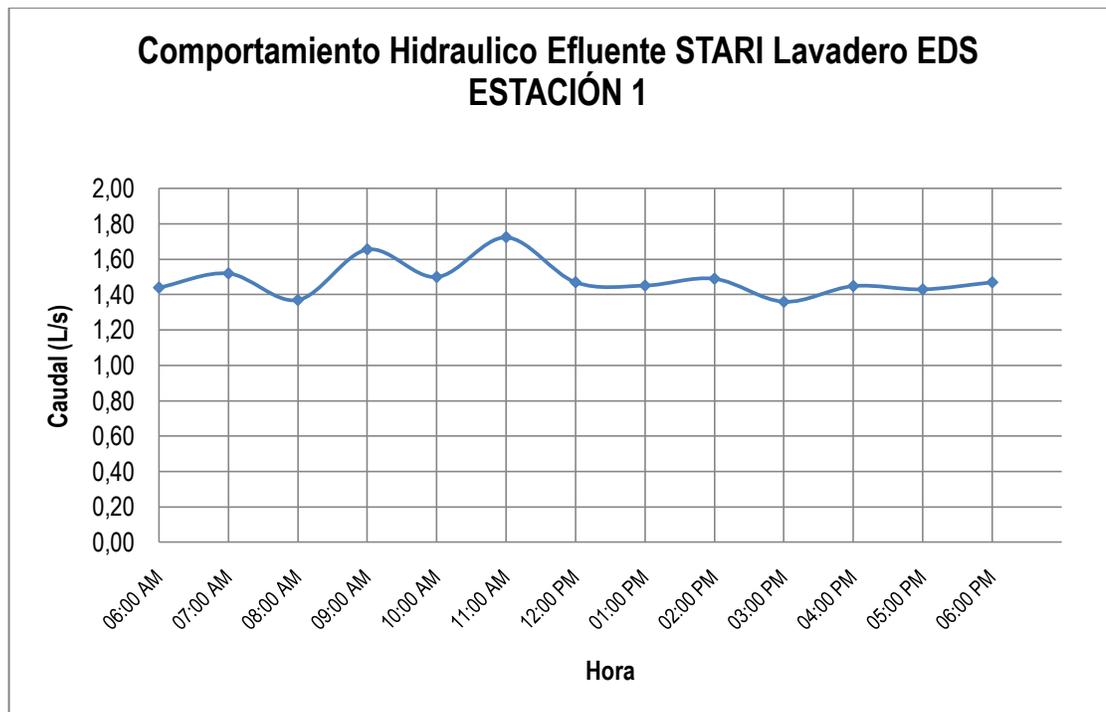
En las graficas 3 y 4 se muestra el comportamiento hidráulico que presentó el afluyente y efluente del sistema de tratamiento construido para el manejo de las aguas residuales del lavadero vehicular de la EDS ESTACIÓN 1.

Grafica 3. Comportamiento hidráulico afluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor

Grafica 4. Comportamiento hidráulico efluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor

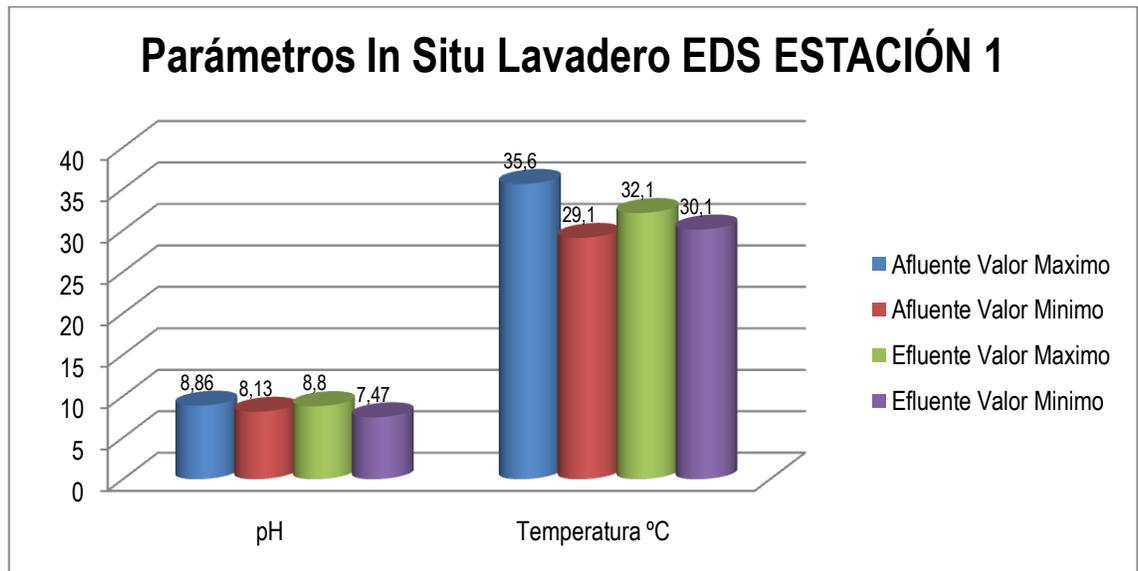
En la tabla 33 y en la grafica 5, se presentan los valores máximos y mínimos en lo referente a los parámetros de pH y Temperatura, los cuales fueron medidos In Situ durante la jornada de monitoreo en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales construido para el manejo de las aguas que genera el lavadero vehicular.

Tabla 33. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ lavadero EDS ESTACIÓN 1

Parámetro In Situ Lavadero EDS ESTACIÓN 1				
Parámetro	Afluente		Efluente	
	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo
pH	8,86	8,13	8,8	7,47
Temperatura °C	35,6	29,1	32,1	30,1

Fuente: El Autor

Grafica 5. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ lavadero EDS ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor

Los resultados de laboratorio obtenidos, de los parámetros mencionados en el ítem 5.1.5, de las muestras compuestas recolectadas en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido en el lavadero vehicular de la EDS ESTACIÓN 1, durante la jornada de monitoreo se presentan en la tabla 34.

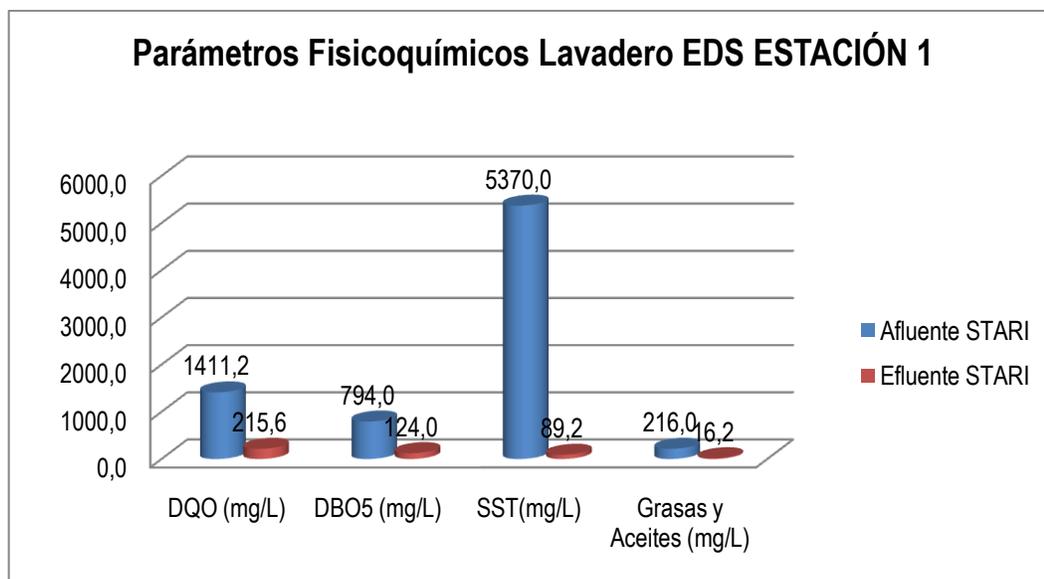
Tabla 34. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio lavadero EDS ESTACIÓN 1

Zona de Lavado de Vehículos EDS (ESTACIÓN 1)				
Análisis	Identificación De La Muestra		Unidades	Métodos
	Afluente STARI	Efluente STARI		
DQO	1411,2	215,6	mg/L	5220-B
DBO5	794,0	124,0	mg/L	5210-B
SST	5370,0	89,2	mg/L	2540-D
Grasas y Aceites	216,0	16,2	mg/L	5520-B

Fuente: El Autor

De acuerdo con lo anterior en la grafica 6, se presentan los datos reportados por el laboratorio de las muestras recolectadas en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, construido en la zona de lavado de vehículos de la EDS ESTACIÓN 1.

Grafica 6. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio lavadero EDS ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor

Los cálculos de la carga contaminante afluente y efluente, del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido para el manejo de los residuos líquidos generados por el lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 1, se exponen en la tabla 35. Dichos cálculos fueron hechos teniendo en cuenta la duración de la jornada de trabajo del lavadero y los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras tomadas durante la jornada de monitoreo.

Tabla 35. Calculo de carga contaminante STARI lavadero EDS ESTACIÓN 1

Calculo Carga Zona de Lavado de Vehículos EDS (ESTACIÓN 1)						
Parámetro	Afluente			Efluente		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
DQO	1411,2	1,43	87,178	215,6	1,47	13,691
DBO	794		49,050	124		7,874
SST	5370		331,737	89,2		5,665
G&A	216		13,344	16,2		1,029
Tiempo de Vertimiento				12 horas		

Fuente: El Autor

Teniendo en cuenta los datos reportados por el laboratorio y los cálculos de carga realizados en el afluente y efluente del sistema de tratamiento, en la Tabla 36, se presentan los cálculos de remoción en lo referente a los parámetros de DQO, DBO<sub>5</sub>, SST y Grasas y Aceites.

Tabla 36. Eficiencia STARI lavadero EDS ESTACIÓN 1

Calculo Porcentaje de Remoción en Carga			
Parámetro	Carga afluente (kg/d)	Carga efluente (kg/d)	% de Remoción
DQO (kg/d)	87,178	13,691	84,29
DBO (kg/d)	49,050	7,874	83,95
SST (kg/d)	331,737	5,665	98,29
G&A (kg/d)	13,344	1,029	92,29

Fuente: El Autor

En la tabla 37, se presenta la comparación de la remoción en carga contaminante del sistema de tratamiento construido, para el manejo de aguas residuales industriales provenientes del lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 1 y los lineamientos establecidos en el artículo 72 del decreto 1594 de 1984, de esta manera se evidencia que la EDS cumple con lo exigido por la normatividad ambiental vigente para la obtención del permiso de vertimientos líquidos.

Tabla 37. Comparación eficiencia del sistema y decreto 1594 del 1984 lavadero EDS ESTACIÓN 1

Cumplimiento Usuario Nuevo Artículo 72 Decreto 1594 de 1984					
Parámetro	Afluente	Efluente	% de Remoción	Norma de Vertimiento	Cumplimiento
Temperatura °C	35,600	32,100	---	< 40 °C	OK
pH	8,860	8,800	---	5 a 9	OK
DBO (kg/d)	49,050	7,874	83,95	> 80%	OK
SST (kg/d)	331,737	5,665	98,29	> 80 %	OK
G&A (kg/d)	13,344	1,029	92,29	>80%	OK

Fuente: El Autor

**5.1.5.4 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 1.** Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las mediciones realizadas In Situ y los datos reportados por el laboratorio de los análisis practicados a las muestras recolectadas durante la jornada de monitoreo, en el afluente y efluente del sistema de tratamiento construido en el lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 1, para el manejo de los residuos líquidos que se generan; se logró determinar qué:

- El afluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido, para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia de la operación y funcionamiento del lavadero vehicular, reportó

un comportamiento hidráulico promedio de 1,43 L/s y valores máximos y mínimos de 1,76L/s y 1,10L/s respectivamente.

- El efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido, para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia de la operación y funcionamiento del lavadero vehicular, reporto un comportamiento hidráulico promedio de 1,49 L/s y valores máximos y mínimos de 1,72L/s y 1,36L/s respectivamente.
- Los valores obtenidos de las mediciones In Situ realizadas en el afluente y efluente de sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido en el lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 1, correspondientes a los parámetros de pH y Temperatura, no exceden los límites establecidos por el artículo 72 del decreto 1594 de 1984.
- De acuerdo con los resultados reportados por el laboratorio en lo referente a los parámetros de DQO, DBO y G&A, las concentraciones encontradas en las muestras recolectadas durante la jornada de monitoreo, corresponden a valores típicos de aguas residuales industriales proveniente de la actividad de lavado de vehículos (ver tabla 5).
- La concentración encontrada, en lo referente al parámetro de SST, en las muestras analizadas en el laboratorio; no corresponden a valores típicos de aguas residuales industriales que se generan como consecuencia del lavado de vehículos (ver tabla 5).
- De acuerdo con los cálculos de remoción en carga en lo referente a los parámetros de DBO, DQO, SST y G&A, se pudo determinar que el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido, para el manejo de los

residuos líquidos generados por el lavadero vehicular de la EDS ESTACIÓN 1 presente eficiencias por encima del 84 por ciento.

- El sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido, para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia de la operación y funcionamiento del lavadero vehicular, actualmente cumple con los lineamientos establecidos por el artículo 72 del decreto 1594 de 1984.

**5.1.5.5 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Provenientes de Las Baterías Sanitarias Existentes En La EDS ESTACIÓN 1.** Para realizar la evaluación del funcionamiento y operación del sistema convencional de tratamiento, el cual fue diseñado con el objetivo de brindar un adecuado manejo de las aguas residuales de tipo doméstico generadas a causa del uso las baterías sanitarias por parte de empleados y usuarios de la EDS ESTACIÓN 1, se hizo necesario realizar una jornada de monitoreo de 8 horas en el afluente del tren de tratamiento construido, con el objetivo de determinar el comportamiento hidráulico del sistema, componer una muestra para su respectivo análisis en el laboratorio y verificar que se esté cumpliendo con los tiempos de retención y cargas contaminantes típicas establecidas por el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E .

En la tabla 38, se reportan los datos de campo obtenidos durante la jornada de monitoreo, en lo referente a la medición de parámetros In Situ y al comportamiento hidráulico en el afluente del tren de tratamiento de aguas residuales domesticas diseñado para la zona de baños de la EDS ESTACIÓN 1.

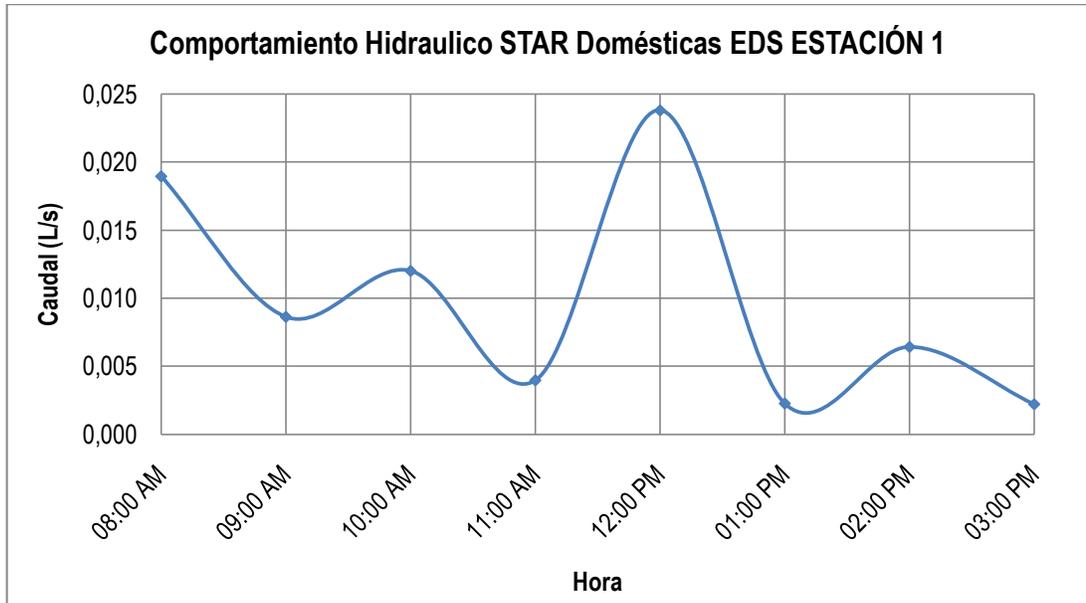
Tabla 38. Datos de campo afluente STAR domésticas EDS ESTACIÓN 1

Parámetros In Situ Afluente STAR lavadero EDS ESTACIÓN 1					
Hora	Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal (L/s)	pH	Temperatura °C
08:00 a.m.	0,04	2,11	0,019	6,95	30,50
09:00 a.m.	0,03	3,48	0,009	6,87	29,96
10:00 a.m.	0,06	5,00	0,012	7,14	31,34
11:00 a.m.	0,01	2,53	0,004	6,94	31,59
12:00 p.m.	0,05	2,10	0,024	7,23	32,00
01:00 p.m.	0,01	4,45	0,002	6,70	31,23
02:00 p.m.	0,02	3,12	0,006	7,12	31,52
03:00 p.m.	0,01	4,56	0,002	6,94	31,00
Promedio	0,03	3,42	0,010	---	---
Valor Máximo	0,06	5,00	0,024	7,23	32,00
Valor Mínimo	0,01	2,10	0,002	6,70	29,96

Fuente: El Autor

El comportamiento hidráulico observado durante las 8 horas del monitoreo realizado en el afluente del sistema de tratamiento construido, para el manejo de las aguas residuales generadas por las baterías sanitarias, se presenta en la grafica 7.

Grafica 7. Comportamiento hidráulico afluente STAR domésticas EDS ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor

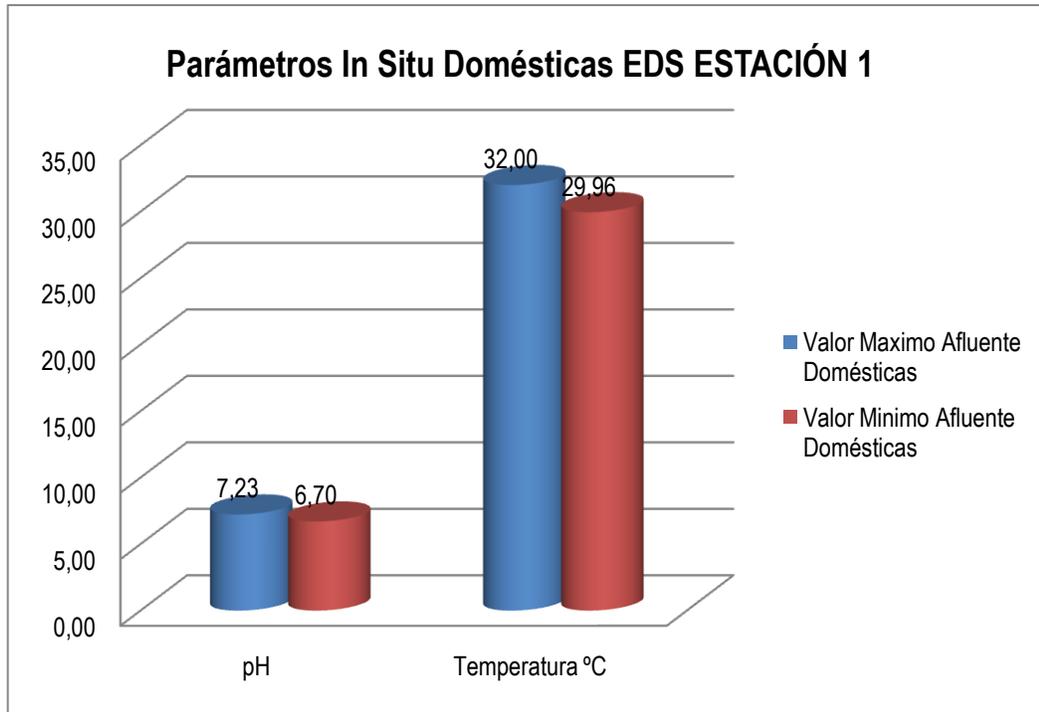
En lo referente a las mediciones realizadas In Situ de los parámetros correspondientes a pH y Temperatura, en la tabla 39 y en la grafica 8, se presentan los valores máximos y mínimos obtenidos durante la jornada de monitoreo.

Tabla 39. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ Domésticas EDS ESTACIÓN 1

Parámetro In Situ Domésticas EDS ESTACIÓN 1		
Parámetro	Afluente	
	Valor Máximo	Valor Mínimo
pH	7,23	6,70
Temperatura °C	32,00	29,96

Fuente: El Autor

Grafica 8. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ Domésticas EDS ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor

Los resultados reportados por el laboratorio, de los parámetros mencionados en el ítem 5.1.5, de las muestras recolectadas en el afluente sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido para el manejo de las aguas generadas por las baterías sanitarias de la EDS ESTACIÓN 1, se presentan en la tabla 40.

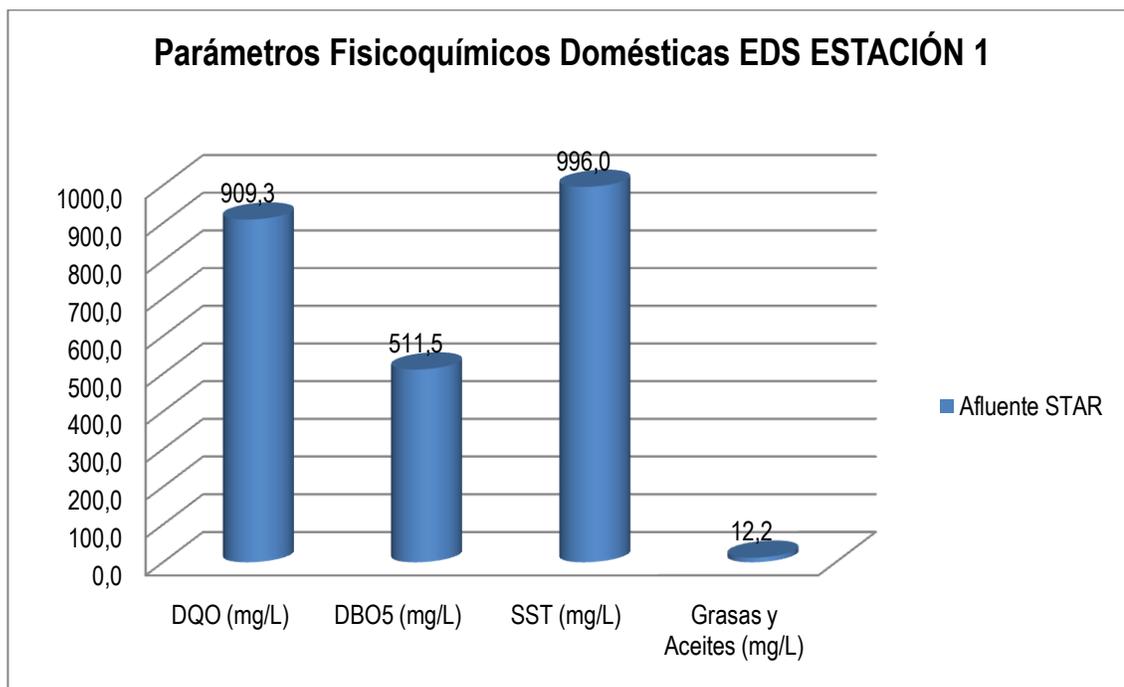
Tabla 40. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio STAR domésticas EDS ESTACIÓN 1

Aguas Residuales Domésticas EDS (ESTACIÓN 1)			
Análisis	Afluente STAR1	Unidades	Métodos
DQO	909,3	mg/L	5220-B
DBO5	511,5	mg/L	5210-B
SST	996,0	mg/L	2540-D
Grasas y Aceites	12,2	mg/L	5520-B

Fuente: El Autor

De igual forma los resultados de laboratorio referidos anteriormente de las muestras recolectadas en el afluente del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, construido en la EDS ESTACIÓN 1, se presentan en la grafica 9.

Grafica 9. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio STAR domésticas EDS ESTACIÓN 1



Fuente: El Autor

Los cálculos de la carga contaminante del afluente, del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido, para el manejo de los residuos líquidos generados por el uso de las baterías sanitarias existentes en la EDS ESTACIÓN 1, se exponen en la tabla 41. Dichos cálculos fueron hechos teniendo en cuenta el caudal medio diario determinado de acuerdo a los aforos realizados durante la jornada de monitoreo y los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras tomadas.

Tabla 41. Calculo de carga contaminante afluente STAR domésticas EDS ESTACIÓN 1

Caculo Carga Aguas Residuales Domésticas EDS (ESTACIÓN 1)			
Parámetro	Afluente		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
DQO	909,3	0,01	0,262
DBO	511,5		0,147
SST	996		0,287
G&A	12,2		0,004
Tiempo de Vertimiento	8 horas		

Fuente: El Autor

De acuerdo con el caudal medio diario y la carga contaminante, determinada por medio del comportamiento hidráulico presentado por el afluente del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido en la EDS ESTACIÓN 1 y los datos reportado por el laboratorio de las muestras recolectadas durante la jornada de monitoreo, se verificó el cumplimiento con la norma (Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Titulo E) en cuanto a los tiempos de retención de cada una de las unidades que componen el tren de tratamiento y las cargas de DBO5 típicas de las aguas residuales de tipo doméstico.

En la tabla 42, se presenta la comparación de la carga per cápita para aguas residuales domésticas, de acuerdo con los valores típicos reportados por Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Titulo E y los aportados por el personal que trabaja en la EDS ESTACIÓN 1.

Tabla 42. Comparación aporte carga per cápita

Aporte Carga Per Cápita Aguas Residuales Domésticas EDS ESTACIÓN 1					
Parámetro	Carga afluente (kg/d)	Carga afluente (g/d)	Trabajadores	Aporte Carga g/hab/día	RAS 2000
DBO	0,147312	147,312	3	49,104	25-80 g/hab/día
SST	0,286848	286,848	3	95,616	30-100 g/hab/día

Fuente: El Autor

En la tabla 43, se presenta la comparación entre los tiempos de retención hidráulicos de cada una de las unidades de tratamiento de agua residual de tipo doméstico que se generan como consecuencia del uso de las baterías sanitarias de la EDS ESTACIÓN 1 y los tiempos de retención mínimos establecidos por el documento “Normas Técnicas, diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales” de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB.

Tabla 43. Comparación Tiempo de Retención Hidráulico Unidades EDS ESTACIÓN 1

Comparación Tiempo de Retención Hidráulico Unidades EDS ESTACIÓN 1				
Unidad	Volumen (L)	Caudal (L/s)	TRH (días)	CDMB
Tanque Séptico	2000	0,01	2,315	1
Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	1000	0,01	1,157	0,75

Fuente: El Autor

Es conveniente precisar que para determinar el tiempo de retención hidráulico de cada una de las unidades de tratamiento construidas, se calculo la relación entre el volumen de diseño de la unidad y el caudal aforado en el afluente del sistema.

**5.1.5.6 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas EDS ESTACIÓN 1.** Teniendo en cuenta las mediciones In Situ realizadas y el análisis reportado por el laboratorio, de las muestras recolectadas durante la jornada de monitoreo efectuada al sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido en la EDS ESTACIÓN 1, se pudo determinar qué:

- El comportamiento hidráulico observado en el afluente del sistema de tratamiento de aguas residuales Domésticas construido, para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia del uso de las baterías sanitarias existentes en la EDS ESTACIÓN 1, presento un caudal promedio de 0,01 L/s y valores máximos y mínimos de 0,024 L/s y 0,002 L/s respectivamente.
- Los datos obtenidos, en lo referente a las mediciones realizadas In Situ de los parámetros correspondientes a pH y Temperatura, presentan rangos para pH de 6,70 – 7,73 unidades de pH y rangos de temperatura de 29,96 – 32 °C.
- Los valores de pH obtenidos durante las mediciones In situ realizadas, al afluente del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido para el manejo de residuos líquidos provenientes de la zona de baños de la EDS ESTACIÓN 1, corresponde a un pH neutro. Hecho por el cual se pudo determinar que en términos del parámetro mencionado, las zanjas de infiltración no están causando ningún tipo de alteración a las características naturales del suelo.
- Los datos reportados por el laboratorio, referentes a la caracterización fisicoquímica realizada a las aguas residuales domésticas provenientes de las baterías sanitarias de la EDS ESTACIÓN 1, corresponde a concentraciones típicas de aguas residuales domésticas no tratadas de tipo fuerte. Esto puede

estar relacionado con que las aguas de uso doméstico consumidas por la estación sean aguas no tratadas teniendo en cuenta que la EDS ESTACIÓN 1 se encuentra localizada en una población rural.

- Los aportes de carga per cápita obtenidos, en lo referente a los parámetros de DBO y SST, corresponden a los valores típicos establecidos por el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E.
- De acuerdo con el caudal promedio obtenido de los aforos realizados durante la jornada de monitoreo y el volumen útil de diseño, de las unidades que componen el tren de tratamiento de aguas residuales domésticas construido en la EDS ESTACIÓN 1. Se verificó que cada una de las unidades realiza el tiempo de retención hidráulico adecuado para el manejo de los residuos líquidos provenientes de las baterías sanitarias.

## **5.2 ESTACIÓN 2**

### **5.2.1 Visita De Campo A La Estación De Servicio (EDS Estación 2)**

**5.2.1.1 Localización.** La EDS ESTACIÓN 2, se encuentra ubicada en la jurisdicción del municipio de Aguachica, del departamento del Cesar. (Ver Fotografía 14)

Fotografía 14. ESTACIÓN 2



Fuente: El autor

**5.2.1.2 Generalidades.** La EDS ESTACIÓN 2, es un establecimiento destinado al almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para vehículos automotores, a través de equipos fijos (surtidores) que llenan directamente los tanques de combustible. Adicionalmente dentro del establecimiento funcionan una cafetería y baños públicos, de los cuales hacen uso los clientes y empelados de la EDS.

**5.2.1.3 Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales Industriales Existente.**

Para el tratamiento de las aguas residuales industriales, provenientes del lavado de la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2 , la estación cuenta sistema prefabricado denominado ZEPPINI, para una capacidad de tratamiento hasta de 5000 L/h (ver imagen 9), conformado por las siguientes unidades:

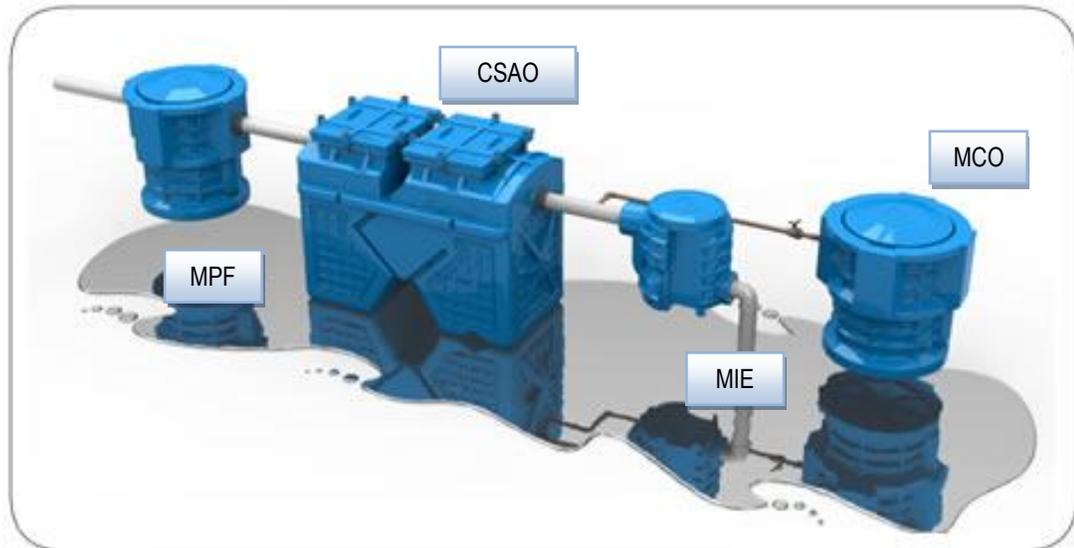
- MPF (Modulo de Prefiltro): unidad inicial denominada caja receptora de colectores afluentes o caja de inspección inicial, tiene como función retener los detritos como hojas y sacos plásticos. [7]
- CSAO ( Caja Separadora de Agua y Aceite): Unidad compuesta por dos partes a saber:

Primer compartimiento. El agua contaminada es conducida al primer compartimiento, en esta sección existe un deflector que tiene la función de causar la primera separación entre el agua y los aceites más libres y también retener los sólidos minerales (arenas, piedras). Además de eso, el deflector dirige el flujo del agua uniformemente hacia los elementos coalescentes.

Segundo compartimiento. En esta unidad se somete el flujo a un régimen de escurrimiento controlado a través de los elementos coalescentes, donde las pequeñas gotas de aceite se agrupan (fenómeno de coalescencia) y van hacia la superficie del agua, formando una película oleosa. [7]

- MCO (Modulo de Colecta de Aceite): La película oleosa es colectada manualmente por un sistema de tuberías internas (Skimmers) por donde sigue hasta la unidad MCO para su almacenamiento y posterior disposición final de acuerdo a la legislación vigente. [7]
- MIE (Modulo de Inspección de Efluente): Unidad receptora del efluente final. [7]

Imagen 9. Sistema Prefabricado ZEPPINI.



Fuente: Manual de Instrucciones ZEPPINI

Es conveniente informar que el sistema de tratamiento referido se encontró en buen estado durante la visita técnica realizada (ver Fotografía 16), sin embargo, no hubo claridad entre las conexiones de aguas lluvias, lavado de islas y zonas de maniobra, por lo cual se presumió que las aguas lluvias llegan a la unidad de ZEPINNI alterando su operación dado que se encontró evidencia de sobrecarga hídrica por rebose.

De acuerdo con lo anterior se procedió a realizar revisión de las conexiones hidráulicas de tal manera que a la unidad solo lleguen las aguas residuales de tipo industrial generadas por el lavado de las islas y de esta manera dar conformidad al artículo 72 del Decreto 1594 de 1984.

Fotografía 15. Sistema Prefabricado ZEPPINI existente EDS ESTACIÓN 2.



Fuente: El Autor

En lo referente a la disposición final del efluente del sistema ZEPPINI, en la visita técnica realizada se identificó que este, era dirigido a una unidad de filtración, la cual se encontró en estado de saturación (ver Fotografía 17). Motivo por el cual se hizo necesario realizar la clausura del sistema existente de filtración y adecuar una nueva unidad.

Fotografía 16. Disposición final actual zona de islas EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Es conveniente precisar que los subproductos generados por el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la zona de islas, corresponden a las natas que se acumulan en el sistema, las cuales son retiradas manualmente cada 15 días y almacenadas en recipientes de 55 galones. Una vez estos depósitos llegan a su capacidad total, se contrata un ente gestor autorizado por la autoridad ambiental competente para la recolección, transporte y disposición final de residuos peligrosos.

#### **5.2.1.4 Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas Existente.**

En la visita técnica que se realizó a la EDS ESTACIÓN 2, se observó que la estación cuenta con una cafetería y una batería compuesta por seis (6) baños, para uso de los visitantes y operarios. El sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas identificado, estaba compuesto por un tanque séptico que posteriormente dirigía las agua tratadas hacia unas zanjas de infiltración, no obstante el sistema estaba en estado de saturación, tal como se evidencia en la Fotografía 18, por tal motivo se hizo necesario rediseñar el sistema de tratamiento.

Fotografía 17. Pozo séptico existente EDS ESTACIÓN 2



Fuente: el Autor

**5.2.1.5 Revisión y Evaluación de la Información Existente.** Durante la recopilación de la información existente en la estación de servicio se encontraron los resultados de caracterización realizados en el STAR correspondiente a la zona de baños públicos los cuales se presentan en las Tablas 44, 45 y 46.

Tabla 44. Resultados caracterización pozo séptico (ESTACIÓN 2)

Pozo Séptico (ESTACIÓN 2)					
Análisis	Identificación De La Muestra		Unidades	Métodos	
	Entrada Pozo Séptico	Salida Pozo Séptico			
SST	136	102	mg/L	S.M.2540.D	
DQO	461	344	mg/L	S.M.5220 B	
DBO5	265	198	mg/L	S.M.5210 B	
Grasas Y Aceites	30,4	16,2	mg/L	S.M.5520-G&A	

Fuente: el Autor

Tabla 45. Cálculo de carga pozo séptico (ESTACIÓN 2)

Carga Pozo Séptico (ESTACIÓN 2)						
Parámetro	Entrada Pozo Séptico			Salida Pozo Séptico		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
SST	136,00	0,056	0,66	102,00	0,056	0,494
DQO	461,00		2,23	344,00		1,664
DBO5	265,00		1,28	198,00		0,958
G&A	30,40		0,15	16,20		0,078

Fuente: el Autor

Tabla 46. Cálculo remoción pozo séptico (ESTACIÓN 2)

Remoción Pozo Séptico (ESTACIÓN 2)			
Parámetro	Entrada	Salida	% Remoción
SST	0,66	0,49	25,00
DQO	2,23	1,66	25,38
DBO5	1,28	0,96	25,28
G&A	0,15	0,08	46,71

Fuente: el Autor

De acuerdo con la evaluación realizada a los resultados de caracterización encontrados de la zona de baños públicos de la ESTACIÓN 2, se logro determinar:

- Los resultados de los análisis obtenidos del laboratorio, corresponden a valores típicos de descarga media de tipo doméstico, sin embargo, la operación del STAR evidencia falencias en remoción de carga contaminante, dado su estado de saturación y fallas estructurales, generando una inconformidad con el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

**5.2.1.6 Visita De Identificación De Las Áreas De Interés Ambiental.** En lo referente a la localización del sistema de tratamiento, se propuso la parte posterior del área administrativa (ver Fotografía 19), dado que son terrenos propios y de acuerdo a su dimensionamiento no presentaría afectación a predios vecinos.

Fotografía 18. Terreno destinado para realizar la construcción del nuevo sistema



Fuente: El Autor

## 5.2.2 Ajuste y Rediseño de las Unidades Existentes EDS ESTACIÓN 2

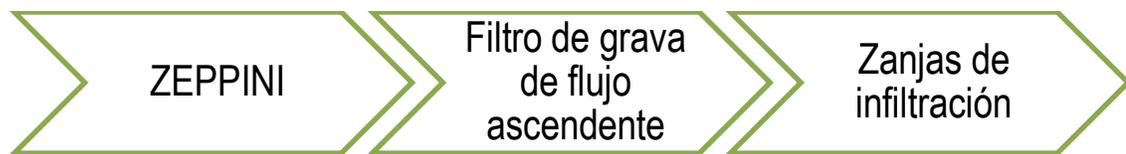
**5.2.2.1 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Industriales EDS ESTACIÓN 2.** Para la optimización del sistema de tratamiento existente ZEPPINI, se propuso la construcción de una unidad de filtración de flujo ascendente, de igual forma la disposición final del efluente se realizará mediante zanjas de infiltración, para el caso referido se planteó realizar una conexión a las zanjas de infiltración diseñadas para la disposición final de las aguas residuales domésticas provenientes de las baterías sanitarias.

Es conveniente precisar que para el diseño de las zanjas de infiltración no se tuvo en cuenta el caudal generado como consecuencia del lavado de islas, dado que esta actividad se desarrolla en horas de la noche tiempo por el cual la cafetería se encuentra fuera de servicio, hay menos afluencia de clientes que puedan hacer uso de las baterías sanitarias y adicionalmente el lavado de islas es realizado en un periodo no mayor a 10 minutos; por lo cual no existe simultaneidad de las

actividades que generan aguas residuales y por ende no existe la posibilidad de ocasionar una saturación del sistema.

En el esquema 7, se presenta el tren de tratamiento propuestos para optimizar el manejo de las aguas residuales industriales que se generan en la EDS ESTACIÓN 2 como consecuencia del lavado de la zona de islas.

Esquema 7. Tren de tratamiento zona de islas EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Las memorias de cálculo de las unidades que se contemplaron para la optimización del tren de tratamiento de las aguas residuales industriales, que se generan en la EDS ESTACIÓN 2, como consecuencia del lavado de islas, se presentan a continuación.

### **Filtro De Grava De Flujo Ascendente**

En la Tabla 47, se presentan las memorias de cálculo de la unidad de filtración de grava de flujo ascendente del sistema de tratamiento que se diseñó en la EDS ESTACIÓN 2, para optimizar el manejo que se le brinda a las aguas residuales industriales producidas por el lavado de la zona de islas.

Tabla 47. Parámetros de diseño Filtro de flujo ascendente.

<b>EDS ESTACIÓN 2</b>		
<b>Diseño filtro de grava de flujo ascendente</b>		
<b>Datos básicos de diseño</b>		
Caudal	46,8	m <sup>3</sup> /dia
	46.800	L/dia
Tiempo de operación efectivo	10	Horas
Tiempo de Retención asumido	0,01	día
	0,25	Horas
Volumen de contacto	0,5	m <sup>3</sup>
Altura del lecho asumido	0,8	m
Porosidad del medio filtrante	40	%
Volumen de contacto	0,5	m <sup>3</sup>
Volumen medio libre	0,3	m <sup>3</sup>
Porosidad del medio filtrante	40,0	%
Volumen necesario con el medio filtrante	1,2	
Volumen total neto	1,5	
Área superficial medio poroso	1,52	m <sup>2</sup>
Altura zona libre	0,30	
<b>Relación 1:1</b>		
Largo	1,23	m
Ancho	1,23	m
<b>Dimensiones Reales</b>		
Diámetro de Tubería (4")	0,10	m
Largo	1,2	m
Ancho	1,2	m
Borde entre el lecho y tubería de salida	0,2	m
Borde libre entre la tubería y la tapa	0,2	m
Altura total	1,6	m
Material de soporte (Grava media )	40 – 80	mm
<b>Falso fondo</b>		
Falso fondo	0,3	m
Aberturas del falso fondo	0,03	m
Separación entre aberturas del falso fondo	0,15	m

Fuente: El autor

**5.2.2.2 Manual De Mantenimiento Unidades de Tratamiento Aguas Residuales Industriales EDS ESTACIÓN 2.** Con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento del sistema de tratamiento ZEPPINI y el filtro de flujo ascendente, se presentan las siguientes recomendaciones, las cuales fueron extraídas del Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 y las Normas técnicas de diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales de la CDMB, para el caso referente a la ZEPPINI se anexa el manual de operación y mantenimiento.

### **Manejo De Aceites Y Grasas**

Las grasas y aceites son residuos considerados peligrosos de acuerdo con el decreto 2676 de 2000 del Ministerio de Salud y Ministerio de Ambiente. La actividad de lavado de la isla genera arrastre de sólidos minerales como arenas y grasas y aceites, estas últimas serán almacenadas en la unidad ZEPPINI – MCO y tendrán una disposición final de acuerdo a lo establecido en la legislación nacional.

Dentro de las recomendaciones previas a la disposición final de las grasas y aceites se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a. El aceite usado no se debe mezclar con otro tipo de residuos, ya que puede producir residuos aun más peligrosos y dificultar su tratamiento y disposición final.
- b. La zona de almacenamiento de aceite usado debe estar en un sitio cubierto, los tanques nunca deben permanecer a la intemperie.
- c. Puede dársele uno de los siguientes usos al aceite retirado de las trampas de grasas:

- Reutilizar en actividades de lavado de vehículos.
- Inmunizante de maderas.
- Combustible para calderas, moto sierras.

De no ser posible darle uno de los usos anteriormente mencionados, se debe contratar un gestor autorizado y especializado de residuos para que sea el encargado de efectuar la disposición final de este residuo.

### **Filtro De Grava De Flujo Ascendente**

El mantenimiento de la unidad de filtración es muy importante y debe hacerse de acuerdo a las siguientes recomendaciones:

- a. Cerrar el afluente y evacuar el agua remanente en el filtro
- b. Realizar el lavado superficial de la unidad
- c. Realizar el lavado descendente y evacuar el flujo por la tubería de purga de la estructura
- d. Realizar el lavado y cambio del material de soporte si es necesario
- e. Mantener la estructura tapada
- f. Si es necesario se podría instalar una capa de material de filtración (Fique), con el objeto de optimizar la calidad del flujo.

**5.2.2.3 Cantidades De Obra Y Presupuesto EDS ESTACIÓN 2.** De acuerdo a los cálculos obtenidos, se presenta en la Tabla 48, las cantidades de obra aproximadas y el presupuesto para la construcción del sistema de tratamiento

propuesto para el manejo del agua proveniente del lavado de vehículos de la EDS ESTACIÓN 2.

Tabla 48. Cantidades de obra y presupuesto zona de islas EDS ESTACIÓN 2

CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO EDS ESTACIÓN 2					
PRESUPUESTO OBRA CIVIL					
ITEMS DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	V/UNIT	V/TOTAL
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACION, NIVELACION Y REPLANTEO	ML	30	4.368	131.040
1.2	CAMPAMENTO	GLB	1	1.222.475	1.222.475
1.3	VALLA INFORMATIVA - SEÑALIZACIÓN	GLB	1	962.400	962.400
1.4	ASEO Y LIMPIEZA GENERAL	GLB	1	272.950	272.950
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.588.865</b>
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRA</b>				
2.1	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN h ≤ 2,50 m	M3	15,23	21.050	320.592
2.2	RELLENO COMPACTADO EN MATERIAL COMÚN	M3	2,15	21.264	45.718
2.3	SUMINISTROE INST. DE GRAVA PARA FILTRO FLUJO ASCENDENTE	M3	6	71.269	427.614
2.4	RETIRO DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRENTE	M3	13,08	32.000	418.560
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>1.212.483</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>				
3.1	CONCRETO DE 3000 PSI	M3	1,58	557.494	880.841
3.2	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	KG	95	5.923	562.685
3.3	MAMPOSTERIA PARA ESTRUCTURAS EN LADRILLO	M2	18,52	54.341	1.006.395
3.4	FRISO IMPERMEABILIZADO $e = 0,02$	M2	15,21	14.343	218.157
3.5	FILTRO EN GRAVA Y TUBERIA PERFORADA	M3	4	63.478	253.912
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.921.990</b>
<b>4</b>	<b>TUBERIAS Y ACCESORIOS</b>				
4.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA VENTILACION $\varnothing = 2"$	ML	1	30.715	30.715
4.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS $\varnothing = 2"$	UN	3	24.744	74.232
4.3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA SANITARIA $\varnothing = 4"$	ML	50	65.480	3.274.000
4.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS SANITARIOS $\varnothing = 4"$	UN	10	52.460	524.600
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>3.903.547</b>
<b>COSTO DIRECTO OBRA CIVIL</b>					<b>10.626.885</b>
<b>AIU 25%</b>					<b>2.656.721</b>
<b>COSTO TOTAL DEL OBRA CIVIL</b>					<b>13.283.606</b>

Fuente: El Autor

**5.2.2.4 Sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido EDS ESTACIÓN 2.** En la Fotografía 20, se evidencia el filtro de grava de flujo ascendente construido, para la optimización del ZEPPINI existente en la EDS ESTACIÓN 2, para el tratamiento de las aguas residuales de tipo industrial que se producen como consecuencia del lavado de islas.

Fotografía 19. Filtro de Grava de Flujo Ascendente



Fuente: El Autor

Se debe aclarar que para la optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, se verificaron las conexiones de aguas lluvias y se corrigieron aquellas que estaban conectadas al tren de tratamiento y que por ende ocasionaban rebose en el ZEPPINI, adicionalmente se realizó la conexión del filtro de grava de flujo ascendente a las zanjas de infiltración, las cuales fueron diseñadas y construidas como unidades de disposición final tanto de las aguas residuales de tipo industrial como doméstico.

**5.2.2.5 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Domesticas EDS ESTACIÓN 2.** El sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas generadas en la EDS ESTACIÓN 2, fue diseñado según las recomendaciones técnicas establecidas en

los documentos “Guía Ambiental Para Estaciones de Servicio” del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), “Normas Técnicas, diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales” de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB y parámetros del Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, Título E, Sistemas de tratamiento en el sitio de origen.

El tren de tratamiento construido, para el manejo de las aguas residuales domésticas generadas en la EDS ESTACIÓN 2 como consecuencia del uso de las baterías sanitarias, y la operación y funcionamiento de la cafetería se presenta en el esquema 8.

Esquema 8. Tren de tratamiento aguas residuales domésticas EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Se precisa que la trampa de grasas propuesta como parte del tren de tratamiento, fue contemplada únicamente como receptora de las aguas residuales generadas en la cafetería que opera dentro de la EDS ESTACIÓN 2, adicionalmente esta fue diseñada de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000; motivo por el cual esta fue construida para brindar tratamiento a un caudal mayor al que realmente se genera diariamente a causa de las actividades que desarrolla el establecimiento.

Para el diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente y las zanjas de infiltración no se tubo no se tuvo en cuenta el caudal generado por la cafetería, dado que el

tanque séptico fue diseñado para 6 baterías sanitarias de las cuales 3 se encuentran clausuradas.

A continuación se presenta la información del sistema de tratamiento que se construyó en la EDS ESTACIÓN 2, para las aguas residuales que se generan por el uso de las instalaciones sanitarias y las actividades de la cafetería que funciona al interior de la estación de servicio.

### **Trampa De Grasas**

Para el diseño de la trampa de grasas en la EDS ESTACIÓN 2, se asumieron las recomendaciones técnicas señaladas por el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E, Sistemas de tratamiento en el sitio de origen. De acuerdo con las características del establecimiento se asumió un caudal máximo horario de 56 L/min, un volumen útil de 190 L con capacidad de retención de 14 Kg de grasa, un área de 0,25m<sup>2</sup> por cada litro por segundo, una velocidad ascensional de 4 mm/s y una relación ancho/longitud de 1:4.

Se precisa que para el cálculo de la altura útil de la trampa de grasas se tuvieron en cuenta los parámetros de diseño sugeridos por el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E y el documento “Normas Técnicas, diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales” de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB; con el objetivo de no sobredimensionar la unidad y evitar tiempos de retención hidráulicos prolongados en comparación al requerido.

En la Tabla 49, se presentan las memorias de cálculo de la unidad de Trampa de Grasas tratamiento que se diseñó en la EDS ESTACIÓN 2.

Tabla 49. Parámetros de Diseño Para Trampas de Grasa cafetería EDS ESTACIÓN 2

<b>EDS ESTACIÓN 2</b>		
<b>DISEÑO TRAMPA DE GRASAS</b>		
Dotación media	L/min	56
Diámetro de Tubería	pulgadas	4
Volumen útil Necesario	m <sup>3</sup>	0,19
Volumen Total	m <sup>3</sup>	0,25
Área útil Necesaria	m <sup>2</sup>	0,23
Unidades	Und	1
Altura útil Calculada	m	0,81
Altura Total	m	1,11
Borde libre	m	0,3
<b>Relación Ancho/Largo 1:4</b>		
Ancho de la unidad	m	0,24
Largo unidad	m	0,96
Velocidad ascensional	mm/s	4

Fuente: El Autor

### Tanque Séptico

Para la EDS ESTACIÓN 2, se realizó el cálculo de un sistema de tratamiento para los baños públicos existentes con una dotación de 480 L/baño día, dotación establecida en el RAS 2000, Tabla E.7.1, de igual forma el periodo de retención hidráulico establecido para este tipo de sistemas es de 24 horas. En la Tabla 50 se presentan las memorias de cálculo del sistema referido.

Tabla 50. Parámetros de diseño tanque séptico baños EDS ESTACIÓN 2

<b>EDS ESTACIÓN 2</b>		
<b>DISEÑO SISTEMA TANQUE SÉPTICO</b>		
<b>TANQUE SÉPTICO</b>		<b>DISEÑO SEGÚN NORMA</b>
Numero de baños EDS	Baños	6
Dotación media	L/baño día	480
Factor de retorno		0,9
Caudal de diseño periodo de	m <sup>3</sup> /día	2,6

<b>EDS ESTACIÓN 2</b>		
<b>DISEÑO SISTEMA TANQUE SÉPTICO</b>		
<b>TANQUE SÉPTICO</b>		<b>DISEÑO SEGÚN NORMA</b>
operación		
Tiempo de retención hidráulico	día	1
Volumen útil necesario	m <sup>3</sup>	2,6
Volumen útil asumido por el diseñador	m <sup>3</sup>	2,6
Volumen de Lodos	m <sup>3</sup>	Asume 20 % del volumen útil para el almacenamiento de lodos anaeróbicos
Volumen de lodos	m <sup>3</sup>	0,5
Volumen total	m <sup>3</sup>	3,1
<b>Para nuestro caso se construirá un tanque séptico</b>		
Altura útil asumida	m	1,2
Área superficial por unidad	m <sup>2</sup>	2,6
Altura de almacenamiento de lodos por unidad	m	0,2
Borde libre	m	0,3
<b>Relación largo - ancho <math>2 &lt; l/b &lt; 4</math></b>		
Ancho por unidad	m	1,1
largo por unidad	m	2,3
Altura total	m	1,7
Compartimiento 2 (1/3)	m	0,8
Compartimiento 1 (2/3)	m	1,5

Fuente: El Autor

### **Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente**

En la Tabla 51, se presentan las memorias de cálculo para el filtro anaerobio, del sistema de tratamiento que se diseñó, para el tratamiento de las aguas residuales domésticas que se generan en la EDS ESTACIÓN 2.

Tabla 51. Parámetros de diseño filtro de anaerobio de flujo ascendente baños EDS ESTACIÓN 2.

<b>EDS EL ESTACIÓN 2</b>		
<b>DISEÑO FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE</b>		
<b>DATOS BASICOS DE DISEÑO</b>		
Caudal	2,6	m <sup>3</sup> /día
	2.592	L/día
Tiempo de Retención asumido	0,8	día
	18,0	Horas
Altura del lecho asumido	0,8	m
Volumen de contacto	1,9	m <sup>3</sup>
Volumen medio libre	1,2	m <sup>3</sup>
Porosidad del medio filtrante	40,0	%
Volumen necesario con el medio filtrante	4,9	m <sup>3</sup>
Volumen total neto	6,1	m <sup>3</sup>
Área superficial medio poroso	6,1	m <sup>2</sup>
Borde libre	0,30	m
<b>Relación 1:1</b>		
Largo	2,5	m
Ancho	2,5	m
<b>Dimensiones Reales</b>		
Diámetro de Tubería (4")	0,10	m
Largo	2,5	m
Ancho	2,5	m
Borde entre el lecho y tubería de salida	0,2	m
Altura total	1,7	m
Material de soporte (Grava media )	40 - 80	mm
<b>Falso fondo</b>		
Falso fondo	0,3	m
Aberturas del falso fondo	0,03	m
Separación entre aberturas del falso fondo	0,15	m

Fuente: El Autor

### Zanjas De Infiltración

En la Tabla 52, se presentan las memorias de cálculo para las zanjas de infiltración, del sistema de tratamiento que se diseño en la EDS ESTACIÓN 2.

En lo referente a la tasa de absorción, es conveniente aclarar que esta fue determinada de acuerdo a estudios de percolación previos y a las características típicas de la zona de incidencias donde se llevo a cabo la construcción de las unidades de tratamiento, las cuales corresponden a un suelo de tipo de arena fina franco arenosa y los valores recomendados en el documento “Normas Técnicas Diseño, Construcción e Instalación de Tanques Sépticos y Disposición de Efluentes Finales” de la CDMB para este tipo de suelos.

Tabla 52. Parámetros de diseño zanjas de infiltración disposición final baños EDS ESTACIÓN 2.

<b>EDS EL ESTACIÓN 2</b>			
<b>ZANJAS DE INFILTRACIÓN</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Bibliografía</b>
Caudal	m <sup>3</sup> /día	2,59	
	L/d	2592	
Profundidad Útil de la Zanja	m	0,6	Normas Técnicas para diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y de disposición de efluentes finales
Esparcimiento entre ramal	m	2,5	CDMB
Tasa de absorción, arena fina franco arenosa	L/m <sup>2</sup> *día	89	Normas Técnicas para diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y de disposición de efluentes finales
Área requerida para la infiltración	m <sup>2</sup>	29,1	
Capacidad de la Zanja	L/m*día	53,4	
Longitud requerida de zanjas	m	48,5	
Ancho de la zanja calculado		0,6	
Ancho por zanja asumido		0,6	
<b>RECOMENDACIÓN</b>		Se construirán tres (3)zanjas de 15 metros de largo	

Fuente: El Autor

En los anexos E y F del presente documento se encuentran, los planos de las unidades convencionales de tratamiento de aguas residuales domésticas, que fueron diseñadas y construidas en la EDS ESTACIÓN 2.

**5.2.2.6 Manual De Mantenimiento Unidades de Tratamiento Aguas Residuales Domésticas EDS ESTACIÓN 2.** Con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, se presentan las siguientes recomendaciones, las cuales fueron extraídas del Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 y las Normas técnicas de diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales de la CDMB.

### **Trampa Grasas**

Se mantendrán los siguientes cuidados para obtener un óptimo funcionamiento de sistema:

- a. Realizar limpieza de manera regular (cada vez que se alcance el 75% de la capacidad del sistema), para prevenir escape de grasas y malos olores.
- b. Evitar el acceso de insecto y roedores.
- c. Verificar que las condiciones de turbulencia en el interior del sistema sean mínimas.
- d. El aceite usado no se debe mezclar con otro tipo de residuos, ya que puede producir residuos aun más peligrosos y dificultar su tratamiento y disposición final.

- e. La zona de almacenamiento de aceite usado debe estar en un sitio cubierto, los tanques nunca deben permanecer a la intemperie.
- f. Se debe contratar un gestor autorizado y especializado de residuos para que sea el encargado de efectuar la disposición final del mismo.

### **Tanque Séptico**

Se mantendrán los siguientes cuidados para obtener un óptimo funcionamiento de sistema:

- a. Usar solo papel higiénico; en lo posible no se permitirá el paso del papel hacia la tasa sanitaria.
- b. No usar productos químicos ni desinfectantes por que estos inhibirán los procesos biológicos que ocurren en el tanque.
- c. Deberá impedirse la entrada de aguas superficiales al tanque.
- d. Cuando produzca malos olores, será conveniente usar una sustancia alcalinizante, como por ejemplo cal.
- e. Se realizará una inspección al tanque cada 12 meses, para verificar su funcionamiento.

Cuando se realiza la limpieza del tanque se deberán guardar las siguientes precauciones:

- a. No deberá lavarse ni desinfectarse el tanque, después de la evacuación del lodo, ya que debe dejarse una cantidad de lodos para propósitos de inoculación y reactivación del proceso de digestión.
- b. Cuando se efectuó la limpieza del tanque, deberá tenerse cuidado de no entrar en el tanque hasta que sea profusamente ventilado y los gases se hayan desalojado, para evitar riesgos de explosión y asfixia.
- c. La limpieza del tanque séptico, deberá realizarse en el momento en que su capacidad se reduzca debido a la acumulación de lodos y natas.
- d. La limpieza será necesaria cuando el fondo del manto de natas sea menor de 7,5 cm del borde inferior del tubo de conexión.

### **Filtro Anaerobio**

- a. Evitar el ingreso al sistema de sustancias toxicas que lo puedan interferir en el funcionamiento.
- b. El periodo de limpieza del filtro deberá coincidir con la limpieza del tanque séptico.

### **Zanjas De Infiltración**

Para favorecer la vida útil del sistema se recomienda lo siguiente:

- a. Todos los canales deberían tener el mismo largo
- b. En terrenos planos, las líneas deben ubicarse paralelas a las curvas de nivel

- c. Para permitir una buena ventilación las líneas pueden terminar en pequeños pozos de 90cm de diámetro, preferiblemente hechos con cascajo
- d. Se recomienda sembrar grama en el campo para ayudar a la absorción del líquido efluente
- e. Se recomienda el uso de cámaras dosificadoras con sifones para tener una buena distribución del agua residual en el tanque de infiltración.
- f. Si el tipo de suelo es muy permeable o de lo contrario muy impermeable se recomienda sustituir el material del suelo del área de absorción por arenas con tierras ligeramente arcillosas que garanticen una tasa de absorción adecuada.

**5.2.2.7 Cantidades De Obra Y Presupuesto EDS ESTACIÓN 2.** De acuerdo a los cálculos obtenidos, se presenta en la Tabla 53, Las cantidades de obra aproximadas generadas para la construcción del tren de tratamiento propuesto para el manejo de las aguas residuales provenientes de los baños público y cafetería.

Tabla 53. Cantidades de obra baños EDS ESTACIÓN 2

	Trampa de grasas	Caja de inspección	Tanque séptico	Filtro anaerobio	Caja de distribución	Zanja de infiltración	TOTAL
Excavación	1,1	1,2	9,2	12,4	1,6	35,1	<b>60,6</b>
Relleno	0	0	1,5	1,7	0,5	25,7	<b>29,4</b>
Concreto 3000	0,2	0,3	1,2	1,1	0,3	0	<b>3,1</b>
Mampostería	3,3	2,0	15,0	13,8	2,7	0	<b>36,8</b>
Friso impermeabilizado	2,8	0,2	15,3	12,8	2,2	0	<b>33,3</b>
Acero							<b>167</b>
Grava o piedra	0	0	0	6	0	0	<b>6</b>

	Trampa de grasas	Caja de inspección	Tanque séptico	Filtro anaerobio	Caja de distribución	Zanja de infiltración	TOTAL
Filtro	0	0	0	0	0	21	<b>21</b>
Material sobrante	1,1	1,2	7,7	10,8	1,1	9,5	<b>31,4</b>

Fuente: El Autor

En la Tabla 54 se presenta el presupuesto para la fase de construcción del tren de tratamiento propuesto.

Tabla 54. Presupuesto general baños EDS ESTACIÓN 2

CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO EDS ESTACIÓN 2					
PRESUPUESTO OBRA CIVIL					
ITEMS DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	V/UNIT	V/TOTAL
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACION, NIVELACION Y REPLANTEO	ML	30	4.368	131.040
1.2	CAMPAMENTO	GLB	1	1.222.475	1.222.475
1.3	VALLA INFORMATIVA - SEÑALIZACIÓN	GLB	1	962.400	962.400
1.4	ASEO Y LIMPIEZA GENERAL	GLB	1	272.950	272.950
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.588.865</b>
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRA</b>				
2.1	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN h ≤ 2,50 m	M3	61	21.050	1.284.050
2.2	RELLENO COMPACTADO EN MATERIAL COMÚN	M3	30	21.264	637.920
2.3	SUMINISTROE INST. DE GRAVA PARA FILTO ANAEROBIO	M3	6	71.269	427.614
2.4	RETIRO DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRANTE	M3	32	32.000	1.024.000
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>3.373.584</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>				
3.1	CONCRETO DE 3000 PSI	M3	4	557.494	2.229.976
3.2	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	KG	167	5.923	989.141
3.3	MAMPOSTERIA PARA ESTRUCTURAS EN LADRILLO	M2	37	54.341	2.010.617
3.4	FRISO IMPERMEABILIZADO e = 0,02	M2	35	14.343	502.005
3.5	FILTRO EN GRAVA Y TUBERIA PERFORADA	M3	21	63.478	1.333.038
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>7.064.777</b>
<b>4</b>	<b>TUBERIAS Y ACCESORIOS</b>				
4.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA VENTILACION Ø = 2"	ML	3	30.715	92.145
4.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS Ø = 2"	UN	6	24.744	148.464
4.3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA SANITARIA Ø = 4"	ML	95	65.480	6.220.600
4.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS SANITARIOS Ø = 4"	UN	20	52.460	1.049.200
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>7.510.409</b>
<b>COSTO DIRECTO OBRA CIVIL</b>					<b>20.537.635</b>
<b>AIU 25%</b>					<b>5.134.409</b>
<b>COSTO TOTAL DEL OBRA CIVIL</b>					<b>25.672.044</b>

Fuente: El Autor

**5.2.2.8 Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido EDS ESTACIÓN 2.** En las Fotografías 21, 22, 23, 24. Se presenta el registro fotográfico de la construcción de de las unidades convencionales para tratamiento de aguas residuales domésticas generadas en la EDS ESTACIÓN 2 referidas anteriormente.

Fotografía 19. Trampa de Grasas cafetería EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Fotografía 20. Tanque séptico baños EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Fotografía 21. Filtro anaerobio de flujo ascendente baños EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Fotografía 22. Caja de distribución zanjas de infiltración baños EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

**5.2.3 Evaluación de La Operación Y Funcionamiento de Los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Construidos EDS ESTACIÓN 2.** Con el objetivo de efectuar la evaluación de la operación y funcionamiento de los sistemas de tratamiento convencionales construidos, para el manejo de las aguas

residuales tanto de tipo doméstico como industrial que se producen en la EDS ESTACIÓN 2 como consecuencia, del lavado de islas, el funcionamiento de la cafetería y el uso de las baterías sanitarias existentes en la estación, se realizó la caracterización fisicoquímica y el aforo de caudales de los 2 sistemas de tratamiento construidos, durante una jornada de monitoreo. De esta forma se corroboró el cumplimiento con los tiempos de retención y cargas contaminantes típicas establecidas por el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E y de este modo dar continuidad al trámite de permiso de vertimientos en beneficio del establecimiento mencionado, teniendo en cuenta que ninguno de los sistemas de tratamiento antes mencionados realiza vertimientos líquidos sobre un cuerpo de agua o red de alcantarillado público.

A continuación se describen los parámetros físico-químicos objetos del presente estudio los cuales fueron tomados para determinar la remoción y eficiencia de los sistemas:

- pH y Temperatura
- Grasas y aceites
- Sólidos suspendidos totales
- Demanda bioquímica de oxígeno  $DBO_5$

Es conveniente mencionar que durante la jornada de monitoreo realizada, para la recolección de las muestras de agua residuales, se contó tanto con el acompañamiento por parte del personal administrativo encargado de la estación como de la autoridad ambiental competente en la zona donde se encuentra localizada la EDS ESTACIÓN 2.

**5.2.3.1 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 2.** Es conveniente precisar que al sistema de tratamiento de aguas

residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, se le realizaron varios ajustes, teniendo en cuenta que durante las visitas técnicas realizadas se identificó que no había claridad en las conexiones de aguas lluvias y adicionalmente era necesario el diseño y la construcción de un filtro de grava de flujo ascendente y su posterior conexión a las zanjas de infiltración, con el fin de optimizar el tren de tratamiento y brindar una adecuada disposición de las aguas residuales industriales que se generan por el lavado de la zona de islas.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta que el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de las zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, no efectúa ningún vertimiento sobre un cuerpo de agua o red de alcantarillado municipal, debido a que realiza la disposición final de los residuos líquidos que genera como consecuencia de lavado mediante infiltración. Se hizo necesario realizar una jornada de monitoreo con el objetivo de determinar el comportamiento hidráulico del sistema y verificar que se esté cumpliendo con los tiempos de retención y cargas contaminantes típicas establecidas por el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E.

Los sistemas de tratamiento de las zonas de islas, de las estaciones de servicio, son construidos con el objetivo de brindar tratamiento a las aguas residuales industriales que se generan durante las actividades de lavado debido a que se realiza arrastre de material contaminante y adicionalmente como contingencia en caso de derrame de combustible. Por tal motivo para efectuar el aforo y recolección de muestras puntuales, se hizo necesario realizar el lavado de la islas y de esta manera inducir el caudal.

Es conveniente precisar, que para efectos de calcular la remoción y eficiencia de las unidades de tratamiento de aguas residuales industriales, las cuales componen el tren de tratamiento de la zona de islas; se realizo la toma de muestras en el

afluente de la unidad de ZEPPINI y el efluente del filtro de grava de flujo ascendente construido.

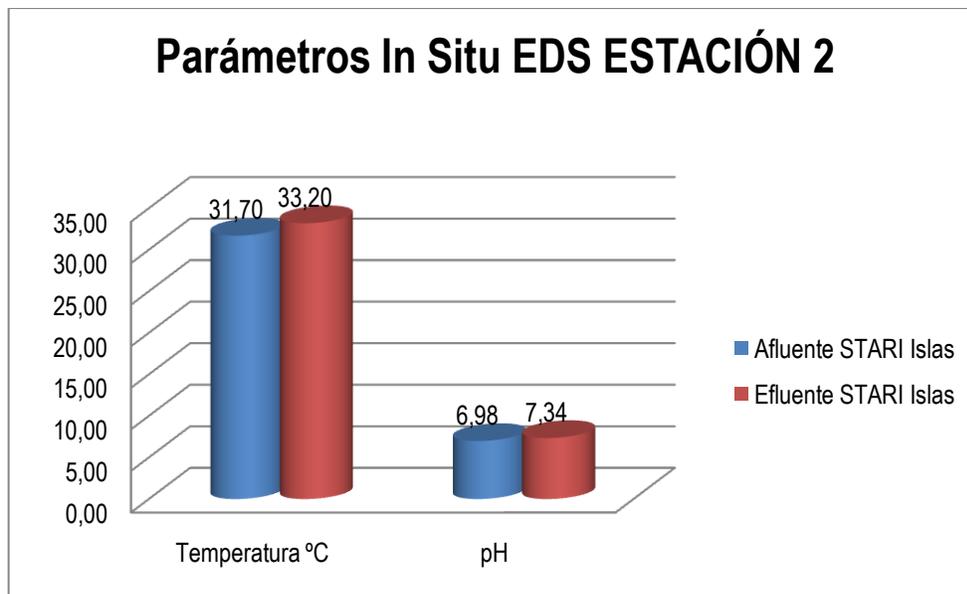
En la tabla 55 y en la grafica 10, se reportan los datos obtenidos, en lo referente a las mediciones In Situ realizadas de los parámetros correspondientes a pH y Temperatura.

Tabla 55. Parámetros medidos In Situ Islas EDS ESTACIÓN 2.

Parámetros In Situ Zona de Islas EDS (ESTACIÓN 2)		
Parámetro	Afluente	Efluente
Temperatura °C	31,70	33,20
pH	6,98	7,34

Fuente: El Autor

Grafica 10. Parámetros medidos In Situ Islas EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Los resultados reportados por el laboratorio, de los parámetros mencionados en el ítem 5.2.3, de las muestras recolectadas en el afluente y efluente del sistema

de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2 se presentan en la tabla 56.

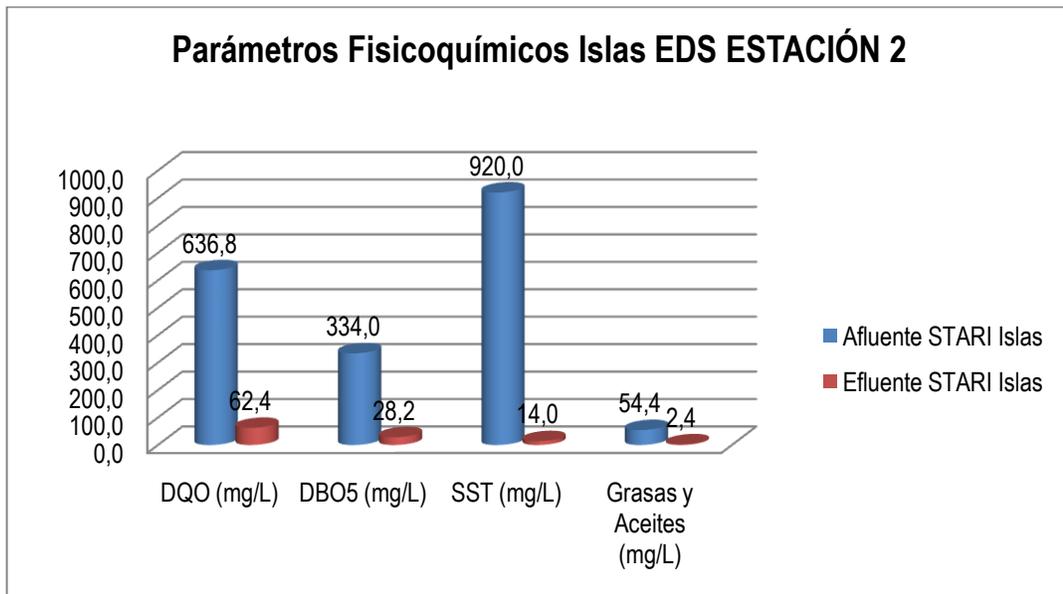
Tabla 56. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio zona de islas EDS ESTACIÓN 2

Zona de Islas EDS (ESTACIÓN 2)				
Análisis	Identificación De La Muestra		Unidades	Métodos
	Afluente STARI	Efluente STARI		
DQO	636,8	62,4	mg/L	5220-B
DBO5	334,0	28,2	mg/L	5210-B
SST	920,0	14,0	mg/L	2540-D
Grasas y Aceites	54,4	2,4	mg/L	5520-B

Fuente: El Autor

De igual forma en la grafica 11, se ilustran los datos de laboratorio obtenidos, de las muestras recolectada durante la jornada de monitoreo.

Grafica 11. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio zona de islas EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Los cálculos de la carga contaminante afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, se presentan en la tabla 57. Dichos cálculos fueron hechos teniendo en cuenta la duración de la actividad de lavado de las islas y los resultados reportados por el laboratorio de las muestras tomadas de manera puntual durante la jornada de monitoreo.

Tabla 57. Calculo de carga contaminante STARI zona de islas EDS ESTACIÓN 2

Calculo Carga Zona de Islas EDS (ESTACIÓN 2)						
Parámetro	Afluente			Efluente		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
DQO	636,8	0,075	0,029	62,4	0,077	0,003
DBO	334		0,015	28,2		0,001
SST	920		0,041	14		0,001
G&A	54,4		0,002	2,4		0,000
Tiempo de Vertimiento				10 min		

Fuente: El Autor

De acuerdo con los datos reportados por el laboratorio y los cálculos de carga realizados en el afluente y efluente del sistema de tratamiento, en la Tabla 58, se presentan los cálculos de remoción en lo referente a los parámetros de DQO, DBO<sub>5</sub>, SST y Grasas y Aceites.

Tabla 58. Eficiencia STARI zona de islas EDS ESTACIÓN 2

Calculo Porcentaje de Remoción en Carga			
Parámetro	Carga afluente (kg/d)	Carga efluente (kg/d)	% de Remoción
DQO (kg/d)	0,029	0,003	89,94
DBO (kg/d)	0,015	0,001	91,33
SST (kg/d)	0,041	0,001	98,44
G&A (kg/d)	0,002	0,000	95,47

Fuente: El Autor

**5.2.3.2 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 2.** De acuerdo con los valores obtenidos, de las mediciones In Situ realizadas y los datos reportados por el laboratorio de las muestras recolectadas durante el monitoreo efectuado en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, se pudo determinar qué:

- El caudal promedio empleado, para la actividad de lavado de la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, corresponde a 0,076 (L/s).
- Los valores de temperatura obtenidos, de las mediciones In Situ realizadas en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, corresponden a 31,7 y 33,2 °C respectivamente.
- Los valores de pH obtenidos durante las mediciones In Situ realizadas, al afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, corresponden a 6,98 y 7,34 unidades de pH respectivamente. Dichos valores son considerados neutros, por tal motivo se puede decir que en lo referente a este parámetro, las zanjas de infiltración no están realizando ningún tipo de alteración a las características originales del suelo.
- De acuerdo con el cálculo de carga realizado, al afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, se determinó que la unidad de ZEPPINI y el filtro de grava de flujo ascendente realizan remociones por encima del 89 por ciento, en lo referente a los parámetros de DQO, DBO, SST y G&A.

**5.2.3.3 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Provenientes de La Cafetería Y Las Baterías Sanitarias Existentes En La EDS ESTACIÓN 2.** Para realizar la caracterización fisicoquímica del sistema convencional de tratamiento, el cual fue diseñado con el objetivo de brindar un adecuado manejo de las aguas residuales de tipo doméstico generadas a causa del funcionamiento de la cafetería y el uso de las baterías sanitarias por parte de empleados y clientes de la EDS ESTACIÓN 2, se hizo necesario realizar un muestreo durante una jornada de 8 horas en el afluente de las unidades que conforman el tren de tratamiento construido con el fin de componer una muestra representativa para analizar en el laboratorio.

El caudal medio diario empleado en la EDS ESTACIÓN 2, para el funcionamiento de la cafetería y el uso de las baterías sanitarias, se determinó de acuerdo con el comportamiento hidráulico observado durante la jornada del monitoreo realizado, con el fin de verificar los tiempos de retención hidráulico de cada una de las unidades en relación con lo establecido en Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E.

Adicionalmente se realizó la caracterización físico química en el afluente del tanque séptico del tren de tratamiento, con el objetivo de comparar las cargas contaminante de las muestras recolectadas, con las cargas típicas establecidas por Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E.

En las tablas 59, 60 y 61, se presentan los datos de campo obtenidos en lo referente al comportamiento hidráulico del sistema y la variación de los parámetros de pH y Temperatura, durante la jornada de monitoreo realizada en el tren de tratamiento de aguas residuales de tipo domestico, construido en la EDS ESTACIÓN 2.

Tabla 59. Datos de campo afluente trampa de grasas EDS ESTACIÓN 2

Parámetros In Situ Afluente Tanque Séptico EDS ESTACIÓN 2					
Hora	Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal (L/s)	pH	Temperatura °C
08:00 a.m.	0,04	0,94	0,043	7,23	29,35
09:00 a.m.	0,01	2,43	0,004	7,89	29,65
10:00 a.m.	0,01	2,35	0,004	7,41	30,04
11:00 a.m.	0,03	0,87	0,034	7,56	30,67
12:00 p.m.	0,05	0,99	0,051	7,37	32,00
01:00 p.m.	0,03	1,23	0,024	7,43	32,43
02:00 p.m.	0,01	2,76	0,004	7,72	30,04
03:00 p.m.	0,01	3,41	0,003	7,01	30,23
Promedio	0,02	1,87	0,021	---	---
Valor Máximo	0,05	3,41	0,051	7,89	32,43
Valor Mínimo	0,01	0,87	0,003	7,01	29,35

Fuente: El Autor

Tabla 60. Datos de campo afluente tanque séptico EDS ESTACIÓN 2

Parámetros In Situ Afluente Trampa de Grasas EDS ESTACIÓN 2					
Hora	Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal (L/s)	pH	Temperatura °C
08:00 a.m.	0,02	1,34	0,015	7,23	29,46
09:00 a.m.	0,03	0,96	0,031	6,87	29,88
10:00 a.m.	0,01	2,83	0,004	6,92	29,79
11:00 a.m.	0,01	2,69	0,004	7,32	30,03
12:00 p.m.	0,03	1,22	0,025	7,18	30,56
01:00 p.m.	0,02	1,32	0,015	6,99	30,37
02:00 p.m.	0,01	3,00	0,003	6,34	29,65
03:00 p.m.	0,01	3,33	0,003	7,12	29,18
Promedio	0,02	2,09	0,012	---	---
Valor Máximo	0,03	3,33	0,031	7,32	30,56
Valor Mínimo	0,01	0,96	0,003	6,34	29,18

Fuente: El Autor

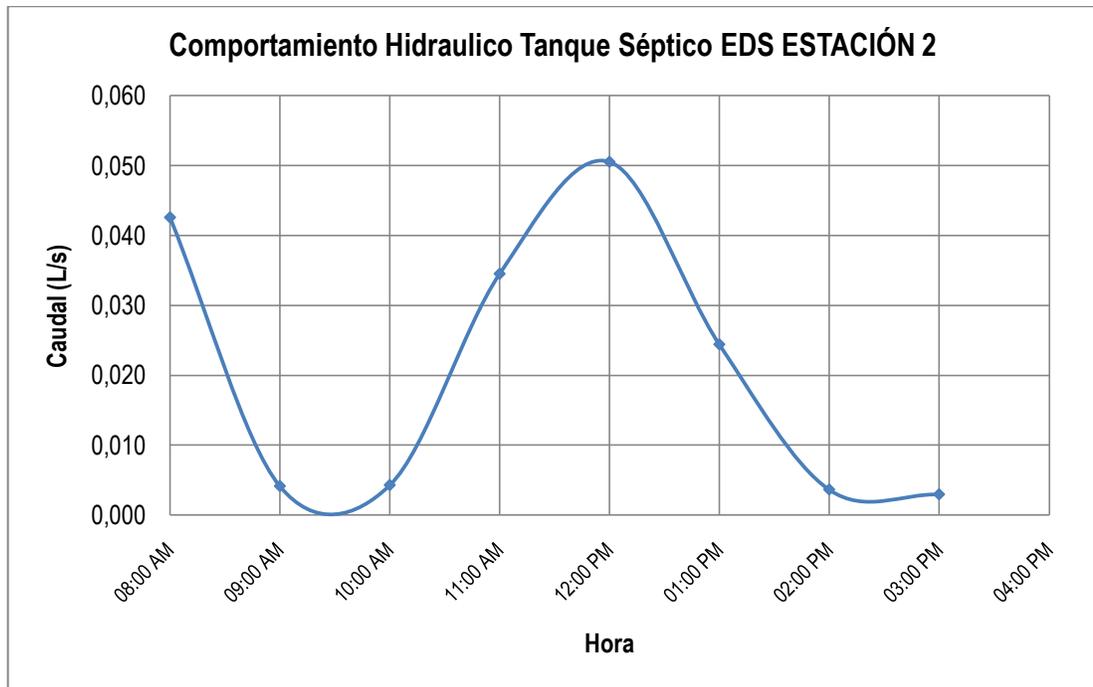
Tabla 61. Datos de campo efluente filtro anaerobio de flujo ascendente EDS ESTACIÓN 2

Parámetros In Situ Efluente Filtro EDS ESTACIÓN 2					
Hora	Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal (L/s)	pH	Temperatura °C
08:00 a.m.	0,07	1,30	0,054	7,45	29,43
09:00 a.m.	0,05	1,28	0,039	7,33	29,63
10:00 a.m.	0,03	2,45	0,012	6,37	29,98
11:00 a.m.	0,02	2,37	0,008	6,55	29,97
12:00 p.m.	0,08	1,32	0,061	7,47	30,09
01:00 p.m.	0,07	1,38	0,051	7,31	30,30
02:00 p.m.	0,02	3,50	0,006	6,78	30,28
03:00 p.m.	0,04	3,30	0,012	6,97	29,95
Promedio	0,05	2,11	0,030	---	---
Valor Máximo	0,08	3,50	0,061	7,47	30,30
Valor Mínimo	0,02	1,28	0,006	6,37	29,43

Fuente: El Autor

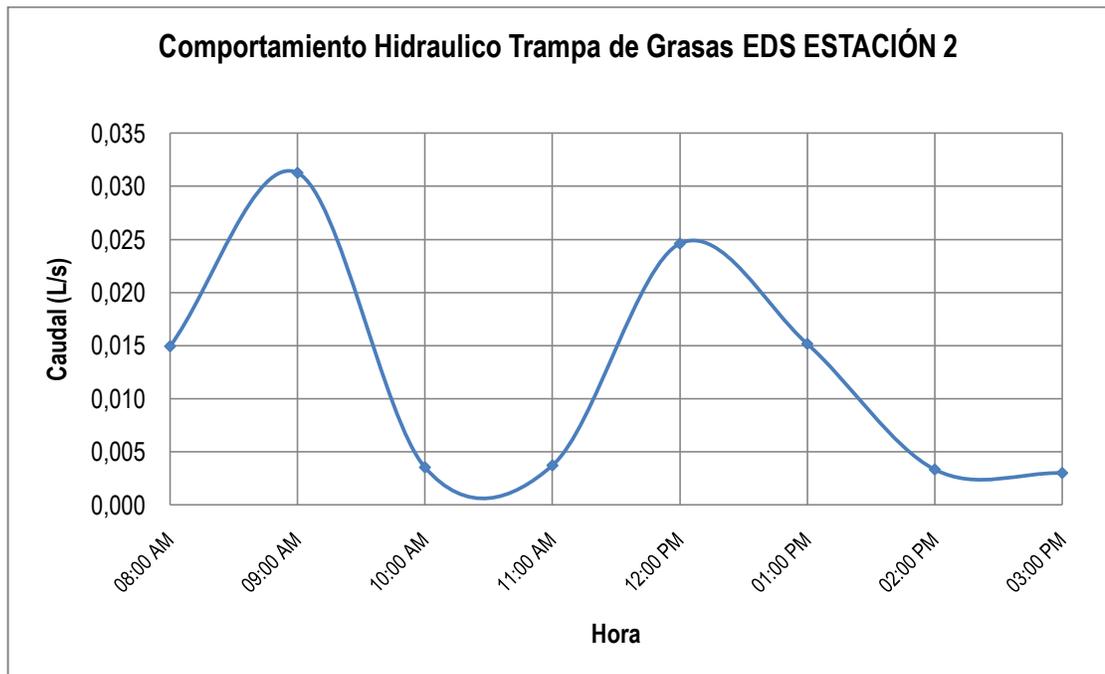
En las graficas 12, 13 y 14, se presenta el comportamiento hidráulico, observado en cada una de las unidades que componen el tren de tratamiento de aguas residuales domésticas construido en la EDS ESTACIÓN 1; durante las 8 horas en las que se realizo la jornada de monitoreo.

Grafica 12. Comportamiento hidráulico afluente trampa de grasas EDS ESTACIÓN 2



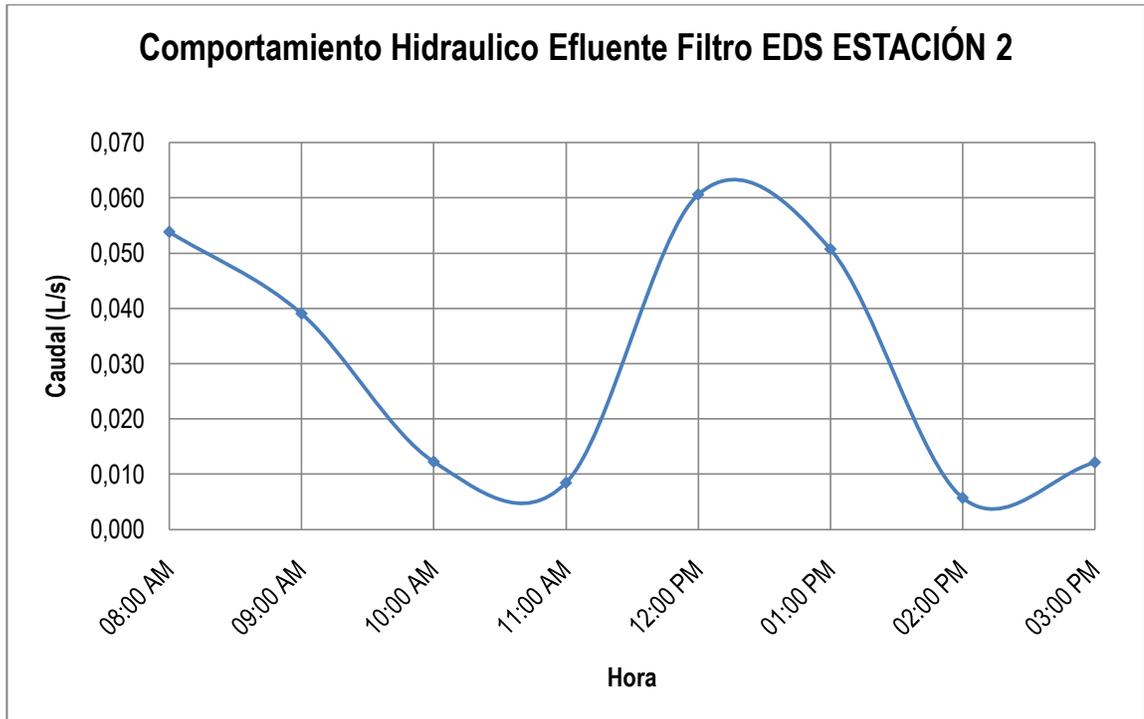
Fuente: El Autor

Grafica 13. Comportamiento hidráulico afluente tanque séptico EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Grafica 14. Comportamiento hidráulico efluente filtro EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

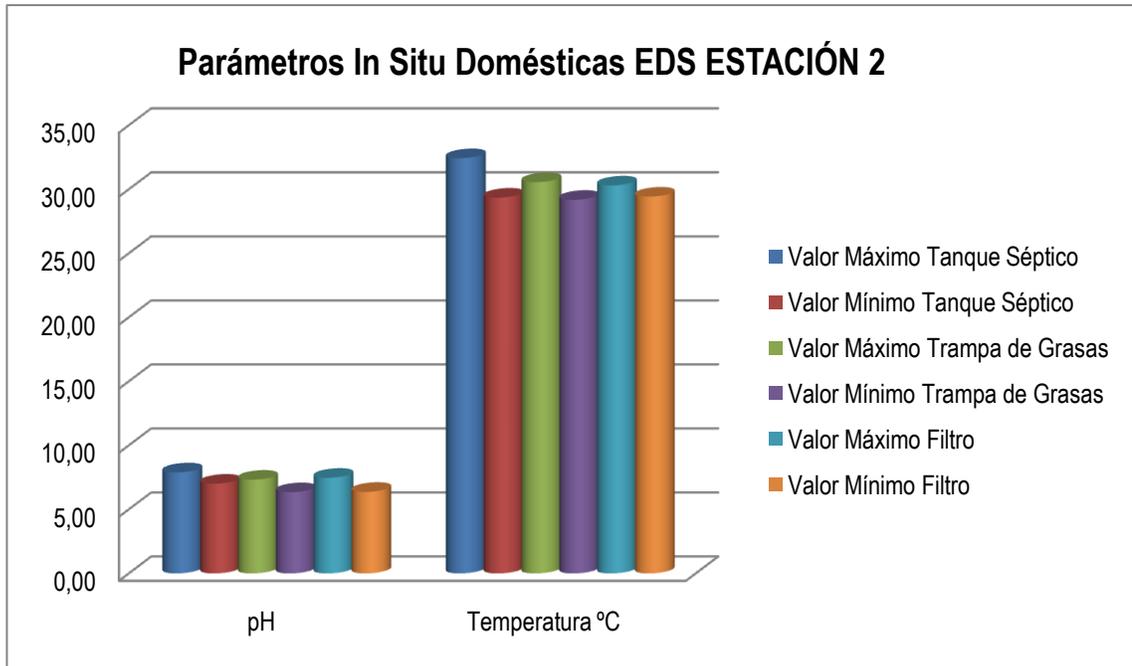
En la tabla 62 y en la grafica 15, se presentan los valores máximos y mínimos, en lo referente a los parámetros de pH y Temperatura medidos In Situ durante la jornada de monitoreo, en cada una de las unidades del tren de tratamiento de aguas residuales domesticas de la EDS ESTACIÓN 2.

Tabla 62. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ Domésticas EDS ESTACIÓN 2

Parámetro In Situ Domésticas EDS ESTACIÓN 2						
Parámetro	Afluente Tanque Séptico		Afluente Trampa de Grasas		Efluente Filtro	
	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo
pH	7,89	7,01	7,32	6,34	7,47	6,37
Temperatura °C	32,43	29,35	30,56	29,18	30,30	29,43

Fuente: El Autor

Grafica 15. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ Domésticas EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Los resultados reportados por el laboratorio, de los parámetros mencionados en el ítem 5.2.3, de las muestras recolectadas en el afluente del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (tanque séptico) construido para el manejo de las aguas generadas por las baterías sanitarias y la cafetería de la EDS ESTACIÓN 2, se presentan en la tabla 63.

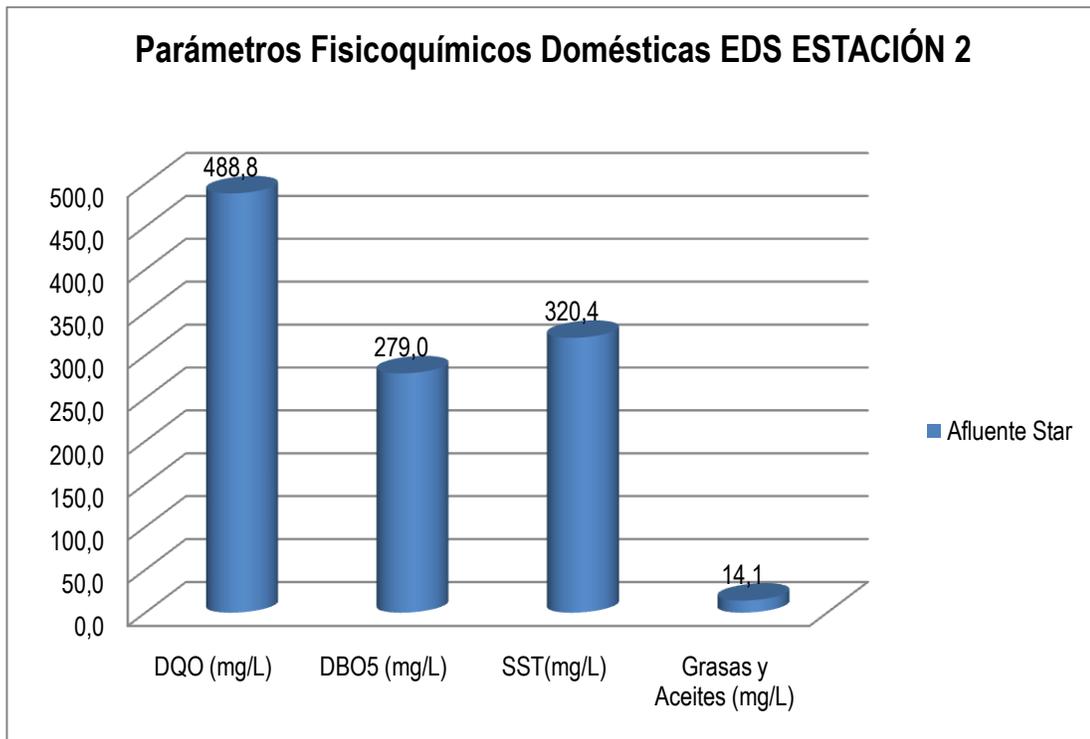
Tabla 63. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio domésticas EDS ESTACIÓN 2

Aguas Residuales Domésticas EDS (ESTACIÓN 2)			
Análisis	Afluente STAR	Unidades	Métodos
DQO	488,8	mg/L	5220-B
DBO5	279,0	mg/L	5210-B
SST	320,4	mg/L	2540-D
Grasas y Aceites	14,1	mg/L	5520-B

Fuente: El Autor

De igual forma en la grafica 16, se presentan los datos reportados por el laboratorio, en cuanto a la caracterización fisicoquímica realizada al afluente del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido en la EDS ESTACIÓN 1.

Grafica 16. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio domésticas EDS ESTACIÓN 2



Fuente: El Autor

Los cálculos de la carga contaminante afluente y efluente, del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido, para el manejo de las aguas generadas por el funcionamiento de la cafetería y el uso de las baterías sanitarias existentes en la EDS ESTACIÓN 2, se exponen en la tabla 64. Dichos cálculos fueron hechos teniendo en cuenta la dotación media diaria empleada para el diseño del sistema de tratamiento y los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras tomadas de manera puntual.

Tabla 64. Calculo de carga contaminante STAR domésticas EDS ESTACIÓN 2

Caculo Carga Aguas Residuales Domésticas EDS (ESTACIÓN 2)			
Parámetro	Afluyente		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
DQO	488,8	0,03	0,422
DBO	279		0,241
SST	320,4		0,277
G&A	14,1		0,012
Tiempo de Vertimiento		8 horas	

Fuente: El Autor

De acuerdo con el caudal medio diario y la carga contaminante, determinada por medio del comportamiento hidráulico presentado por el afluyente y efluente de las unidades que componen el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido en la EDS ESTACIÓN 2 y los datos reportado por el laboratorio de las muestras recolectadas durante la jornada de monitoreo, se verificó el cumplimiento con la norma (Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E) en cuanto a los tiempos de retención de cada una de las unidades del sistema de tratamiento y las cargas de DBO5 típicas de las aguas residuales de tipo doméstico.

En la tabla 65, se presenta la comparación de la carga per cápita para aguas residuales domésticas, de acuerdo con los valores típicos reportados por Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E y los aportados por el personal que trabaja en la EDS ESTACIÓN 2.

Tabla 65. Comparación aporte carga per cápita

Aporte Carga Per Cápita Aguas Residuales Domésticas EDS ESTACIÓN 2					
Parámetro	Carga afluente (kg/d)	Carga afluente (g/d)	Trabajadores	Aporte Carga g/hab/día	RAS 2000
DBO	0,241	241,056	9	26,784	25-80 g/hab/día
SST	0,277	276,826	9	30,758	30-100 g/hab/día

Fuente: El Autor

En la tabla 66, se presenta la comparación entre los tiempos de retención hidráulicos de cada una de las unidades de tratamiento de agua residual de tipo doméstico que se generan como consecuencia del uso de las baterías sanitarias de la EDS ESTACIÓN 1 y los tiempos de retención mínimos establecido por el documento “Normas Técnicas, diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales” de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB.

Tabla 66. Comparación Tiempo de Retención Hidráulico Unidades EDS ESTACIÓN 1

Comparación Tiempo de Retención Hidráulico				
Unidad	Volumen (L)	Caudal (L/s)	TRH (días)	CDMB
Trampa de Grasas	190	0,01	0,220	0,002
Tanque Séptico	2600	0,03	1,003	1
Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	3100	0,03	1,196	0,75

Fuente: El Autor

Es conveniente precisar que para determinar el tiempo de retención hidráulico de cada una de las unidades de tratamiento construidas, se calculo la relación entre el volumen de diseño de la unidad y el caudal aforado en el afluente del sistema.

**5.2.3.4 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas EDS ESTACIÓN 2.** Teniendo en cuenta las mediciones In Situ realizadas y el análisis reportado por el laboratorio, de las muestras recolectadas durante la jornada de monitoreo efectuada al sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas construido en la EDS ESTACIÓN 2, se pudo determinar qué:

- El comportamiento hidráulico observado en el afluente de la trampa de grasas construida, para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia de la operación y funcionamiento de la cafetería existente en la EDS ESTACIÓN 2, presentó un caudal promedio de 0,012 L/s y valores máximos y mínimos de 0,031 L/s y 0,003 L/s respectivamente.
- El comportamiento hidráulico observado en el afluente del tanque séptico construido, para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia del uso de las baterías sanitarias de la zona de baños de la EDS ESTACIÓN 2, presentó un caudal promedio de 0,021 L/s y valores máximos y mínimos de 0,051 L/s y 0,003 L/s respectivamente.
- El comportamiento hidráulico observado en el efluente del filtro anaerobio de flujo ascendente construido, para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia del uso de las baterías sanitarias de la zona de baños y la operación y funcionamiento de la cafetería existente en la EDS ESTACIÓN 2, presento un caudal promedio de 0,03 L/s y valores máximos y mínimos de 0,061 L/s y 0,006 L/s respectivamente.
- Los datos obtenidos, en lo referente a las mediciones realizadas In Situ de los parámetros correspondientes a pH y Temperatura en el efluente del filtro anaerobio de flujo ascendente construido para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia del uso de las baterías sanitarias

de la zona de baños y la operación y funcionamiento de la cafetería existente en la EDS ESTACIÓN 2, presentan rangos para pH de 6,37 – 7,47 unidades de pH y rangos de temperatura de 29,43 – 30,30 °C.

- Los valores de pH obtenidos durante las mediciones In situ realizadas, al efluente del filtro anaerobio de flujo ascendente construido para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia del uso de las baterías sanitarias de la zona de baños y la operación y funcionamiento de la cafetería existente en la EDS ESTACIÓN 2, corresponde a un pH neutro. Hecho por el cual se pudo determinar que en términos del parámetro mencionado, las zanjas de infiltración no están causando ningún tipo de alteración a las características naturales del suelo.
- Los datos reportados por el laboratorio, referentes a la caracterización fisicoquímica realizada a las aguas residuales domésticas provenientes de las baterías sanitarias y de la cafetería existente en la EDS ESTACIÓN 2, corresponde a concentraciones de aguas residuales domésticas no tratadas de entre media y fuerte.
- Los aportes de carga per cápita obtenidos, en lo referente a los parámetros de DBO y SST, corresponden a los valores típicos establecidos por el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E.
- De acuerdo con el caudal promedio obtenido de los aforos realizados durante la jornada de monitoreo y el volumen útil de diseño, de las unidades que componen el tren de tratamiento de aguas residuales domésticas construido en la EDS ESTACIÓN 2. Se verificó que cada una de las unidades realiza el tiempo de retención hidráulico adecuado para el manejo de los residuos líquidos provenientes de las baterías sanitarias.

## 5.3 ESTACIÓN 3

### 5.3.1 Visita De Campo A La Estación De Servicio (EDS ESTACIÓN 3)

**5.3.1.1 Localización.** La EDS ESTACIÓN 3, se encuentra ubicada en la jurisdicción del municipio de Pelaya, del departamento del Cesar (ver Fotografía 24).

Fotografía 23. EDS ESTACIÓN 3



Fuente : El autor

**5.3.1.2 Generalidades.** En la ESTACIÓN 3, además de realizarse el almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para vehículos automotores, a través de equipos fijos (surtidores) que llenan directamente los tanques de combustible, también opera un lavadero vehicular en el cual se identificó un sistema de tratamiento para las aguas residuales resultantes del desarrollo de sus actividades el cual de acuerdo con las observaciones realizadas durante la visita técnica a la EDS no funcionaba de manera adecuada .

### **5.3.1.3 Sistema De Tratamiento De Aguas Industriales Existentes**

#### **Zona De Islas:**

En la zona de islas donde se realiza el abastecimiento de combustible se verificó la existencia de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de tipo industrial que se generan como consecuencia del lavado que se realiza en el área, el cual está compuesto por:

- Canal perimetral con rejilla en el área de abastecimiento de combustible
- Tanque receptor
- Trampa de grasas
- Desarenador
- Conexión red del alcantarillado

De acuerdo a lo observado durante la visita de campo el sistema de tratamiento de la EDS ESTACIÓN 3 se encuentra operando de manera adecuada ya que recibe mantenimiento de manera periódica. Dicho mantenimiento consiste en retirar el material grueso que es retenido por las rejillas del canal perimetral y remover cada 15 días las natas que se acumulan en la trampa de grasas, las cuales son almacenadas en recipientes de 55 galones que posteriormente son recolectados, transportados y dispuestos por un ente gestor autorizado para el manejo de residuos peligrosos. Sin embargo es importante realizar algunas adecuaciones para garantizar su óptimo funcionamiento y de este modo dar cumplimiento a lo estipulado en el artículo 73 del decreto 1594 de 1984 el cual reglamenta los vertimientos a una red de alcantarillado pública.

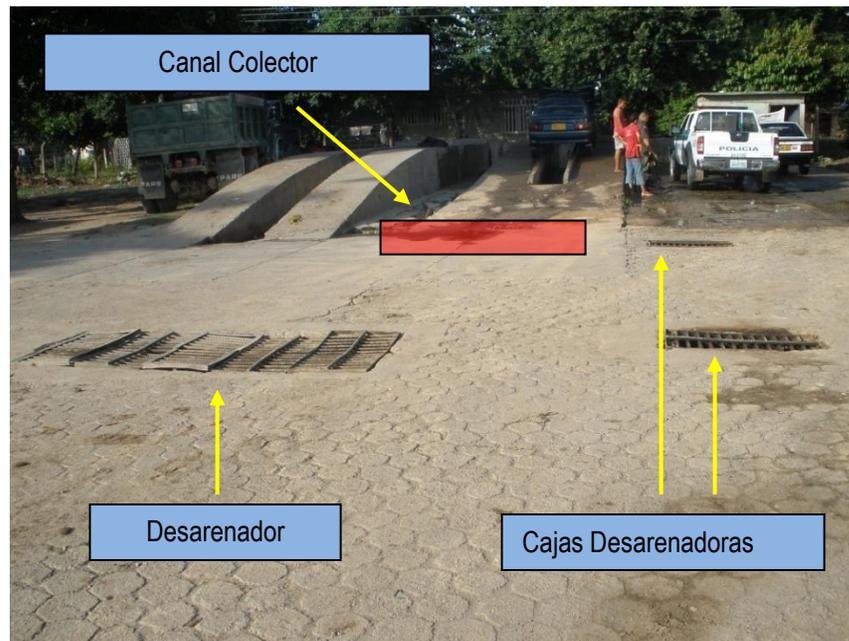
### **Lavadero Vehicular:**

El sistema de tratamiento para el manejo de las aguas residuales del lavadero encontrado en la EDS ESTACIÓN 3, estaba compuesto por un canal recolector, una serie de cajas de inspección y una unidad de desarenado como se observa en la Fotografía 26., sin embargo, dichas unidades se encontraban saturadas de sólidos y natas, afectando la capacidad hidráulica del desarenador y finalmente las condiciones en términos de calidad del vertimiento a la red de alcantarillado.

De igual manera como se aprecia en la Fotografía 25, la ubicación del sistema de tratamiento no favorecía la protección de las tapas de inspección dado que se encontraban en el lineamiento de entrada de vehículos, adicionalmente en épocas de lluvias el agua de escorrentía entraban al sistema referido, razón por la cual se decidió poner en marcha la elaboración de los diseños hidráulicos y estructurales del nuevo sistema de tratamiento para el manejo de las aguas residuales del lavadero de vehículos de la EDS ESTACIÓN 3.

Se precisa que de acuerdo al mal estado las unidades antes mencionadas, estas entraron en un plan de cierre, para la construcción del nuevo tren de tratamiento de aguas residuales industriales. La nueva ubicación del sistema se formuló en un sitio el cual favorece su protección y evita la conexión de las aguas de escorrentía.

Fotografía 24. Sistema de tratamiento existente (ESTACIÓN 3)



Fuente: El Autor

**5.3.1.4 Revisión Y Evaluación De La Información Existente.** Durante la recopilación de la información existente en la estación de servicio se encontraron los resultados de caracterización realizados en el STAR correspondiente a la zona de lavadero vehicular, los cuales se presentan en las Tablas 67, 68 y 69.

Tabla 67. Resultados caracterización lavadero (ESTACIÓN 3)

Lavadero (ESTACIÓN 3)				
Análisis	Identificación De La Muestra		Unidades	Métodos
	Entrada STAR ESTACIÓN 3	Salida STAR ESTACIÓN 3		
SST	36	6	mg/L	S.M.2540.D
DQO	125	42	mg/L	S.M.5220 B
DBO5	72	28	mg/L	S.M.5210 B
Grasas Aceites	Y 16,3	4,1	mg/L	S.M.5520-G&A

Fuente: El Autor

Tabla 68. Cálculo carga STAR lavadero (ESTACIÓN 3)

Carga STAR Lavadero (ESTACIÓN 3)						
Parámetro	Entrada STAR ESTACIÓN 3			Salida STAR ESTACIÓN 3		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
SST	36,00	0,08	0,25	6,00	0,089	0,046
DQO	125,00		0,86	42,00		0,323
DBO5	72,00		0,50	28,00		0,215
G&A	16,30		0,11	4,10		0,032

Fuente: El Autor

Tabla 69. Cálculo porcentaje de remoción STAR lavadero (ESTACIÓN 3)

Remoción STAR Lavadero ESTACIÓN 3					
Parámetro	Entrada	Salida	% Remoción	Norma	Cumplimiento
SST	0,25	0,05	81,46	>80%	OK
DQO	0,86	0,32	62,62	>80%	NO
DBO5	0,50	0,22	56,74	>80%	NO
G&A	0,11	0,03	72,02	>80%	NO

Fuente: El Autor

De acuerdo con la evaluación realizada de los resultados de caracterización encontrados de la zona de lavado de vehículos de la ESTACIÓN 3, se pudo determinar qué:

- Los resultados de los análisis de laboratorio encontrados de la zona de lavadero vehicular de la ESTACIÓN 3, no son representativos ya que los valores no corresponden a descargas típicas de establecimientos que desarrollan esta actividad.
- Del mismo modo los resultados de laboratorio encontrados no cumplen con los parámetros establecidos por el decreto 1594 de 1984 en su artículo 73 para el vertimiento de aguas residuales industriales a una red de alcantarillado pública.

**5.3.1.5 Visita de identificación de las áreas de interés ambiental.** La EDS ESTACIÓN 3, realiza el vertimiento de las aguas residuales industriales generadas en la zona de lavadero vehicular en la red de alcantarillado municipal sin afectar directamente ningún cuerpo de agua.

### **5.3.2 Ajuste y Rediseño de las Unidades Existentes EDS ESTACIÓN 3**

**5.3.2.1 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Industriales Provenientes De La Zona De Islas EDS ESTACIÓN 3.** Durante las visitas técnicas realizadas a la EDS ESTACIÓN 3, se pudo determinar que el tren de tratamiento existente en la zona de islas para el tratamiento de las aguas residuales de tipo industrial que se generan a causa del lavado de las mismas, actualmente funciona y opera de manera adecuada y por tal motivo no se hizo necesario realizar ningún ajuste de tipo hidráulico o estructural al sistema. No obstante se realizó el cambio de las rejillas del canal perimetral que se encontraban en mal estado, las tapas de concreto partidas y una

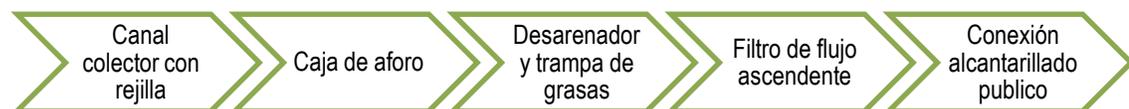
limpieza general de las unidades, todo esto con el fin de garantizar mayor eficiencia en la operación y funcionamiento de las unidades de tratamiento existentes.

### **5.3.2.2 Memorias De Cálculo Y Parámetros De Diseño Tren De Tratamiento Propuesto Aguas Residuales Industriales Provenientes Del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 3.**

El sistema de tratamiento para el manejo de las aguas residuales generadas en lavadero de vehículos de la EDS ESTACIÓN 3, fue diseñado según las recomendaciones técnicas establecidas en los documentos “Guía Ambiental Para Estaciones de Servicio” del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), RAS 2000 títulos B y E, “Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos” de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB y “Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados” del Ing. Ricardo Alfredo López Cualla (Escuela Colombiana de Ingeniería).

Las unidades convencionales propuestas, las cuales conforman el tren de tratamiento de las aguas residuales de tipo industrial, provenientes del lavadero vehicular existente en la EDS ESTACIÓN 3, se presentan en el esquema 9.

Esquema 9. Tren de tratamiento lavadero EDS ESTACIÓN 3



Fuente: El Autor

A continuación se presenta la información de las unidades que componen el sistema de tratamiento que se construirá en la EDS ESTACIÓN 3.

## Canal Colector Con Rejilla

En la Tabla 70., se presentan las memorias de cálculo del canal colector diseñado, para el sistema de tratamiento del lavadero vehicular de la EDS ESTACIÓN 3.

Tabla 70. Parámetros de diseño canal recolector lavadero EDS ESTACIÓ 3

<b>EDS ESTACIÓN 3</b>			
<b>Diseño de los canales sedimentadores</b>			
<b>Criterios de diseño lavadero tipo I y II (Automóviles pequeños, camperos, taxis y busetas)</b>			
			
Caudal máx. probable de diseño para el lavado de 10 vehículos simultáneamente		1,3	L/seg
		0,0013	m <sup>3</sup> /seg
No de cárcamos		4	Und
Vehículos máx. de lavado		10	Und
Caudal por vehículo		0,13	L/seg
Longitud del canal		15,00	mt
<b>Ecuación de Manning</b>		<b><math>Q = (1/n) \cdot (A \cdot R^{2/3}) \cdot S^{1/2}</math></b>	
Caudal	<b>Q</b>	0,0013	m <sup>3</sup> /seg
Coeficiente de rugosidad	<b>n</b>	0,013	Concreto
Área	<b>A</b>	(0,5*Y)	m <sup>2</sup>
Radio hidráulico	<b>R</b>	$((0,5*Y)/(0,5+2*Y))^{2/3}$	m
Perímetro mojado	<b>P</b>	(0,5+2*Y)	m
Pendiente	<b>S</b>	(0,06) <sup>1/2</sup>	%
Altura hidráulica	<b>Y</b>	0,95	cm
Altura total del canal	<b>H</b>	0,4	mt

Fuente: El Autor

## Caja De Aforo

Con el propósito de facilitar la toma de muestras para la caracterización del agua residual, se recomendó la construcción de una caja de aforo a la entrada y salida del sistema de tratamiento bajo las siguientes dimensiones profundidad de (H) 0,5 m, ancho de (B) 0,5 m, y largo de (L) 0,5 m.

En la Tabla 71, se presentan las memorias de cálculo para la caja de aforo diseñada.

Tabla 71. Parámetros de Diseño Caja de Aforo lavadero EDS ESTACIÓN 3

<b>EDS ESTACIÓN 1</b>		
<b>CAJA DE AFORO</b>		
Diámetro de Tubería	pulgadas	4
Volumen Total	m <sup>3</sup>	0,125
Área Total	m <sup>2</sup>	0,25
Profundidad	m	0,5
Ancho	m	0,5
Largo	m	0,5

Fuente: El Autor

## Desarenador Y Trampa De Grasas

En la Tabla 72, se presentan las memorias de cálculo para el desarenador de flujo horizontal, del sistema de tratamiento del lavadero de la EDS ESTACIÓN 3.

Tabla 72. Parámetros de diseño desarenador de flujo horizontal lavadero EDS ESTACIÓN 3

<b>DESARENADOR FLUJO HORIZONTAL</b>			
<b>Criterios de diseño</b>		<b>Intervalo</b>	<b>Típico</b>
Constante sedimentación de arenas	k		0,04
Sedimentación por acción de la gravedad	f		0,03
Grado de remoción de partículas 0,05 mm	mm	50 - 90	80%
Temperatura C			32
Viscosidad cinemática fluido	cm <sup>2</sup> /s		0,0077
Velocidad de sedimentación Vs	cm/s		0,29
Diámetro de partículas a remover	cm		0,005
Eficiencia de remoción	%		80%
Profundidad útil asumida	cm		60
Borde libre	cm		30
Número de Hazen 80%	n		4
Tiempo que dura la partícula en llegar al fondo	s		206,0
Tiempo de retención hidráulico	s		824,15
	h		0,23
	min		13,74
Caudal de diseño	L/seg		1,3
	L/día		112320,0
	m <sup>3</sup> /s		0,001
Volumen requerido	m <sup>3</sup>		1,1
Área superficial	m <sup>2</sup>		1,79
Relación L:B 3:1			3
Ancho	m		<b>0,8</b>
Largo	m		<b>2,3</b>
Carga hidráulica superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *s		0,000728
	cm/s		0,0728
	m/d		62,90
Rango recomendado de carga hidráulica	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d		15 - 80
Diámetro de la partícula crítica	cm		0,0025
Velocidad horizontal	cm/s		0,28
Velocidad horizontal máxima			5,82
Velocidad de re suspensión	cm/s		9,29

<b>DESARENADOR FLUJO HORIZONTAL</b>			
<b>Criterios de diseño</b>		<b>Intervalo</b>	<b>Típico</b>
<b>Cálculo vertedero rectangular sin contracciones</b>			
Altura de la cresta en el vertedero H	m		0,009
	cm		0,94
Velocidad en la cresta del vertedero	m/s		0,179
	cm/s		17,87
<b>Diseño Canal de salida</b>			
Alcance horizontal del vertimiento	m		0,16
Alcance total asumido	m		0,50

Fuente: El Autor

Es conveniente aclarar que el mantenimiento al desarenador debe darse en el momento que las arenas ocupen las 2/3 parte del volumen, de igual forma para la purga y retiro de arenas se construyo una caja ubicada en la parte lateral del sistema con el fin de realizar su evacuación por gravedad, dicha estructura cuenta con una válvula de bola de 2”.

### **Filtro De Grava De Flujo Ascendente**

En la Tabla 73, se presentan las memorias de cálculo de la unidad de filtración, del sistema de tratamiento que se diseño en la EDS ESTACIÓN 3.

Tabla 73. Parámetros de diseño Filtro de grava lavadero EDS ESTACIÓ 3.

<b>EDS ESTACIÓN 3</b>		
<b>Diseño filtro de grava de flujo ascendente</b>		
<b>Datos básicos de diseño</b>		
Caudal	46,8	m <sup>3</sup> /dia
	46.800	L/dia
Tiempo de operación efectivo	10	Horas
Tiempo de Retención asumido	0,01	dia
	0,25	Horas
Volumen de contacto	0,5	m <sup>3</sup>
Altura del lecho asumido	0,8	m
Porosidad del medio filtrante	40	%

<b>EDS ESTACIÓN 3</b>		
<b>Diseño filtro de grava de flujo ascendente</b>		
<b>Datos básicos de diseño</b>		
Volumen de contacto	0,5	m <sup>3</sup>
Volumen medio libre	0,3	m <sup>3</sup>
Porosidad del medio filtrante	40,0	%
Volumen necesario con el medio filtrante	1,2	
Volumen total neto	1,5	
Área superficial medio poroso	1,52	m <sup>2</sup>
Altura zona libre	0,30	
<b>Relación 1:1</b>		
Largo	1,23	m
Ancho	1,23	m
<b>Dimensiones Reales</b>		
Diámetro de Tubería (4")	0,10	m
Largo	1,2	m
Ancho	1,2	m
Borde entre el lecho y tubería de salida	0,2	m
Borde libre entre la tubería y la tapa	0,2	m
Altura total	1,6	m
Material de soporte (Grava media )	40 - 80	mm
<b>Falso fondo</b>		
Falso fondo	0,3	m
Aberturas del falso fondo	0,03	m
Separación entre aberturas del falso fondo	0,15	m

Fuente: El Autor

De igual forma para la limpieza de la unidad de filtración se contempló la construcción de una caja conectada con una válvula de bola, dicha estructura se construirá en la costado lateral de la unidad de filtración.

Se precisa que los anexos G y H corresponden a los planos de diseño de las unidades propuestas para el manejo de las aguas residuales industriales provenientes del lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 3

### 5.3.2.3 Manual De Mantenimiento EDS ESTACIÓN 3

#### **Desarenador**

Con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento del sistema, se presentan las siguientes recomendaciones, las cuales fueron extraídas del Documento “Manual de Gestión Ambiental para Lavaderos de Vehículos” de la CDMB y dado que el caudal de diseño no supera los 50 L/s se recomienda realizar una limpieza manual de la unidad:

- a. Retirar manualmente los residuos de basuras retenidos en la rejilla de cribado y el cana colector.
- b. Retirar las natas o grasas y aceites y almacenarlas en recipientes idóneos para su posterior disposición final.
- c. Seleccionar el material retenido en la rejilla y almacenarlo en recipientes facilitando el reciclaje.
- d. Revisar periódicamente los componentes metálicos de la rejilla de cribado.
- e. Medir periódicamente el lecho de arena acumulado.
- f. Aislar o realizar mantenimiento al desarenador en el momento en que la arena ocupe 2/3 del volumen.
- g. Remover la arena que se ha acumulado.
- h. Transportar el material removido al sitio de disposición final.
- i. Lavar el desarenador para ser utilizado nuevamente.

- j. Limpiar la superficie retirando la capa de grasas que se genera periódicamente (2 veces por semana).
- k. Evitar el ingreso al sistema de sustancias tóxicas que lo puedan interferir en el funcionamiento.

### **Filtro De Grava De Flujo Ascendente**

El mantenimiento de la unidad de filtración es muy importante y debe hacerse de acuerdo a las siguientes recomendaciones:

- a. Cerrar el afluente y evacuar el agua remanente en el filtro
- b. Realizar el lavado superficial de la unidad
- c. Realizar el lavado descendente y evacuar el flujo por la tubería de purga de la estructura
- d. Realizar el lavado y cambio del material de soporte si es necesario
- e. Mantener la estructura tapada
- f. Si es necesario se podría instalar una capa de material de filtración (Fique), con el objeto de optimizar la calidad del flujo.

**5.3.2.4 Cantidad de Obra y Presupuesto.** De acuerdo a los cálculos obtenidos, se presenta en la Tabla 74, las cantidades de obra aproximadas y el presupuesto para la construcción del sistema de tratamiento propuesto para el manejo del agua proveniente del lavado de vehículos de la EDS ESTACIÓN 3.

Tabla 74. Cantidades de obra y presupuesto

CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO EDS EL ESTACIÓN 3					
PRESUPUESTO OBRA CIVIL					
ITEMS DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	V/UNIT	V/TOTAL
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACION, NIVELACION Y REPLANTEO	ML	30	4.518,00	135.540,00
1.2	CAMPAMENTO - ALQUILER	GLB	1	1.223.263,00	1.223.263,00
1.3	VALLA INFORMATIVA - SEÑALIZACIÓN	GLB	1	962.625,00	962.625,00
1.4	ASEO Y LIMPIEZA GENERAL	GLB	1	281.050,00	281.050,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.602.478,00</b>
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRA</b>				
2.1	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN h ≤ 2,50 m	M3	53,784	21.800,00	1.172.491,20
2.2	RELLENO COMPACTADO EN MATERIAL COMÚN	M3	17,868	22.657,00	404.835,28
2.3	SUMINISTROE INST, DE GRAVA PARA FILTRO	M3	4,14	72.307,00	299.350,98
2.4	RETIRO DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRANTE	M3	38,556	36.697,00	1.414.889,53
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>3.291.566,99</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>				
3.1	CONCRETO DE 3000 PSI	M3	5,664	569.975,00	3.228.338,40
3.2	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	KG	25,416	5.976,00	151.886,02
3.3	MAMPOSTERIA PARA ESTRUCTURAS EN LADRILLO	M2	36,912	55.671,00	2.054.927,95
3.4	FRISO IMPERMEABILIZADO e = 0,02	M2	23,712	14.544,00	344.867,33
3.5	TAPA METALICA	M2	4,752	383.083,00	1.820.410,42
3.6	REJILLA METALICA	ML	15	60.654,00	909.810,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>8.510.240,11</b>
<b>4</b>	<b>TUBERIAS Y ACCESORIOS</b>				
4.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA SANITARIA Ø = 4"	ML	30	66.905,00	2.007.150,00
4.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS SANITARIOS Ø = 4"	UN	6	54.305,00	325.830,00
4.3	SUMINISTRO E INSTALACION VALVULA UNIVERSAL ROSCADA 2"	UN	2	208.970,00	417.940,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.750.920,00</b>
<b>COSTO DIRECTO OBRA CIVIL</b>					<b>17.155.205,10</b>
<b>AIU 25%</b>					<b>4.288.801,28</b>

Fuente: El Autor.

**5.3.2.5 Sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido EDS ESTACIÓN 3.** En las Fotografías 26 y 27 se evidencia la construcción del tren de tratamiento implementado en la EDS ESTACIÓN 3, con el objetivo de brindar tratamiento a las aguas residuales de industrial que se generan en la EDS, como consecuencia del funcionamiento del lavadero vehicular existente.

Fotografía 25. Canal colector con rejilla



Fuente: El Autor

Fotografía 26. Tren de tratamiento



Fuente: El Autor

**5.3.3 Evaluación de La Operación y Funcionamiento de Los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Construidos EDS ESTACIÓN 3.** Con el fin de realizar la evaluación de los sistemas de tratamiento convencionales construidos, para el manejo de las aguas residuales de tipo industrial que se producen en la EDS ESTACIÓN 3 como consecuencia, del lavado de islas y la operación del lavadero vehicular, se realizó la caracterización fisicoquímica de los 2 sistemas de tratamiento. De esta forma se verificó el cumplimiento del Artículo 73 del decreto 1594 de 1984 el cual reglamenta el vertimiento de residuos líquidos sobre un alcantarillado público, para de este modo dar continuidad al trámite de permiso de vertimientos en beneficio del establecimiento mencionado.

A continuación se describen los parámetros físico-químicos objetos del presente estudio los cuales se encuentran contemplados dentro de los requisitos establecidos en el artículo 73 del decreto 1594 de 1984, para el trámite del permiso de vertimientos líquidos a un alcantarillado público.

- pH y Temperatura
- Grasas y aceites
- Sólidos suspendidos totales
- Demanda bioquímica de oxígeno  $DBO_5$

Es importante precisar que durante la jornada de monitoreo realizada, para la recolección de las muestras de agua residuales, se contó tanto con el acompañamiento por parte del personal administrativo encargado de la estación como de la autoridad ambiental competente en la zona donde se encuentra localizada la EDS ESTACIÓN 3.

**5.3.3.1 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 3.** En lo referente al sistema de tratamiento de aguas residuales

industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 3, se precisa que a este no se le realizó ningún tipo de ajuste o rediseño, dado que durante las visitas técnicas realizadas se verificó de manera cualitativa, que las unidades que componen el tren de tratamiento actual operan de manera correcta, sin embargo fue necesario realizar el cambio de algunas de las rejillas del canal colector y tapas de concreto de las unidades de tratamiento, que se encontraban en mal estado, y una limpieza general del sistema.

Una vez fueron realizadas las adecuaciones antes mencionadas se realizó la evaluación fisicoquímica del sistema para determinar cuantitativamente que en cuanto a la remoción en carga contaminante de las aguas residuales industriales generadas en la zona de islas, se brinda conformidad con los lineamientos planteados por la normatividad vigente (artículo 72 decreto 1594 de 1984).

Los sistemas de tratamiento de las zonas de islas, de las estaciones de servicio, son construidos con el objetivo de brindar tratamiento a las aguas residuales industriales que se generan durante las actividades de lavado debido a que se realiza arrastre de material contaminante y adicionalmente como contingencia en caso de derrame de combustible. Por tal motivo para efectuar el aforo y recolección de muestras puntuales, se hizo necesario realizar el lavado de la islas y de esta manera inducir el caudal.

De acuerdo con lo anterior en la tabla 75, se presentan los resultados obtenidos, de las mediciones In Situ realizadas, en lo referente a los parámetros de pH y Temperatura en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existentes en la zona de islas.

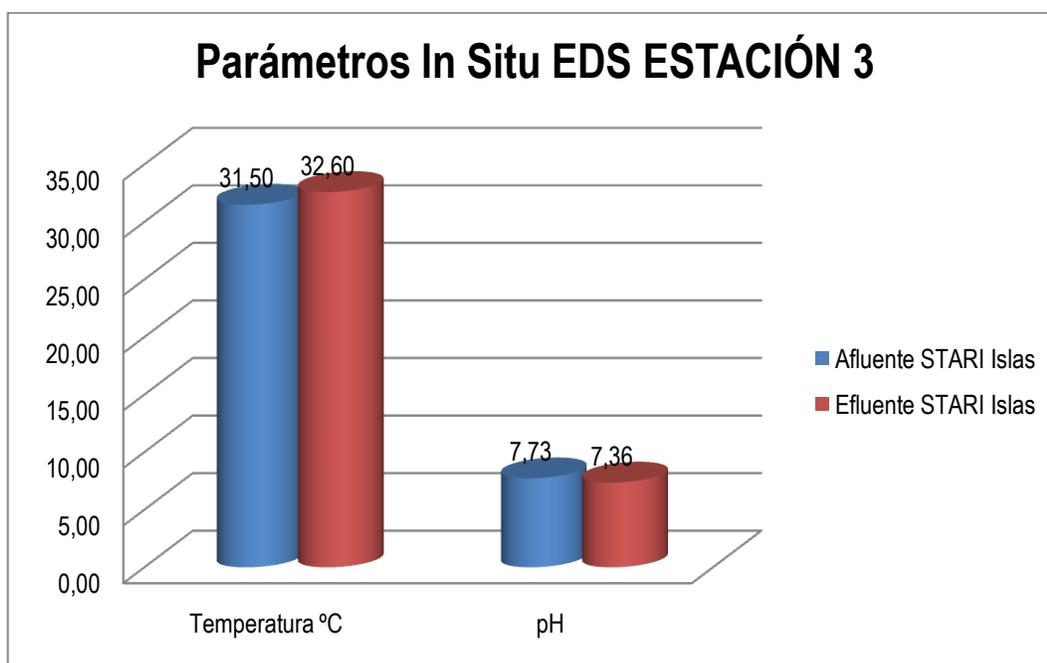
Tabla 75. Parámetro In Situ EDS ESTACIÓN 3

Parámetros In Situ Zona de Islas EDS (ESTACIÓN 3)		
Parámetro	Afluente	Efluente
Temperatura °C	31,50	32,60
pH	7,73	7,36

Fuente: El Autor

En la grafica 17, se ilustran los datos obtenidos de las mediciones In Situ realizadas durante la jornada de monitoreo efectuada en el afluente y efluente del tren de tratamiento existente en la EDS ESTACIÓN 3, para el manejo de las aguas residuales industriales que se generan en la zona de islas.

Grafica 17. Parámetro In Situ EDS ESTACIÓN 3



Fuente: El Autor

Los resultados reportados por el laboratorio, de los parámetros mencionados en el ítem 5.3.3, de las muestras recolectadas en el afluente y efluente del sistema

de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 3 se presentan en la tabla 76.

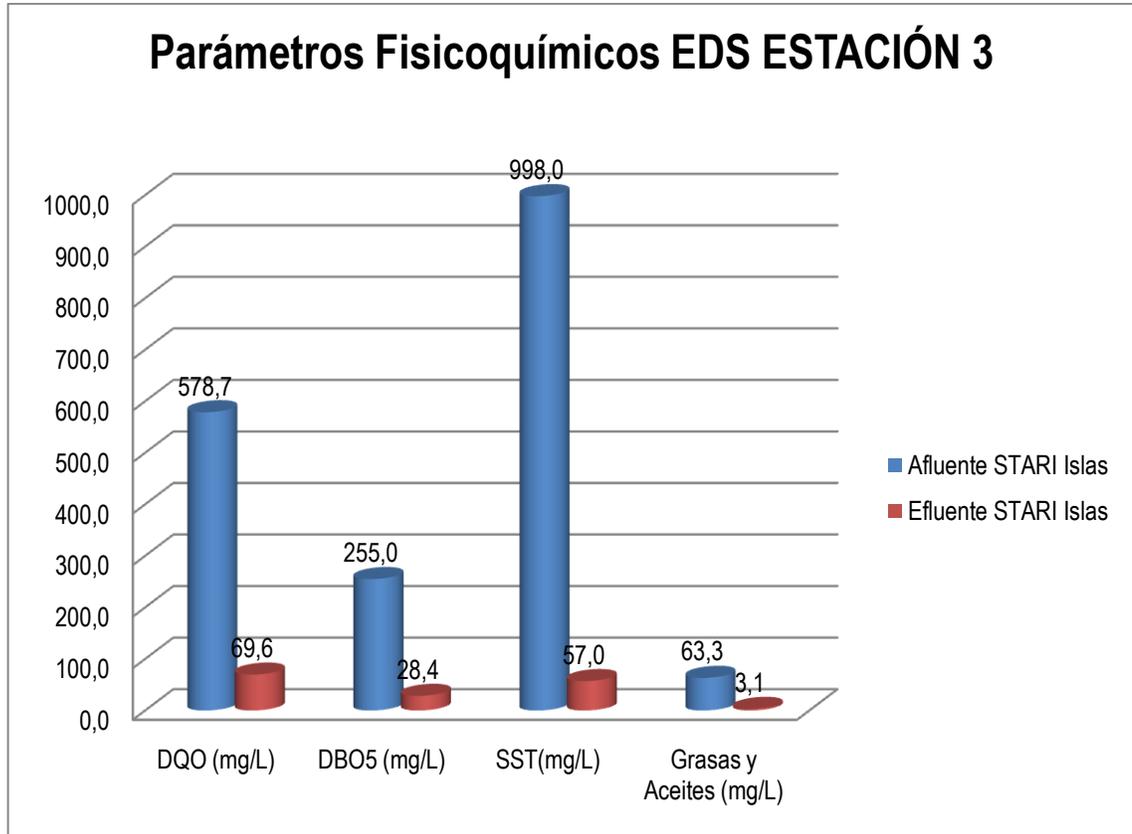
Tabla 76. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio zona de islas EDS ESTACIÓN 3

Zona de Islas EDS (ESTACIÓN 3)				
Análisis	Identificación De La Muestra		Unidades	Métodos
	Afluente STARI	Efluente STARI		
DQO	578,7	69,6	mg/L	5220-B
DBO5	255,0	28,4	mg/L	5210-B
SST	998,0	57,0	mg/L	2540-D
Grasas y Aceites	63,3	3,1	mg/L	5520-B

Fuente: El Autor

La grafica 18, ilustra los resultados reportados por el laboratorio en lo referente a los parámetros de DQO, DBO<sub>5</sub>, Grasas y Aceites, y SST de las muestras recolectadas en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la EDS ESTACIÓN 3.

Grafica 18. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio zona de islas EDS ESTACIÓN 3



Fuente: El Autor

Los cálculos de la carga contaminante afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 3, se encuentran ilustrados a continuación en la tabla 77. Dichos cálculos fueron hechos teniendo en cuenta la duración de la actividad de lavado de islas y los resultados reportados por el laboratorio de las muestras tomadas de manera puntual, durante la jornada de monitoreo.

Tabla 77. Calculo de carga contaminante STARI zona de islas EDS ESTACIÓN 3

Caculo Carga Zona de Islas EDS (ESTACIÓN 3)						
Parámetro	Afluyente			Efluente		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
DQO	578,7	0,052	0,018	69,6	0,054	0,0023
DBO	255		0,008	28,4		0,0009
SST	998		0,031	57		0,0019
G&A	63,3		0,002	3,1		0,0001
Tiempo de Vertimiento				10 min		

Fuente: El Autor

Teniendo en cuenta los datos reportados por el laboratorio y los cálculos de carga realizados en el afluyente y efluente del sistema de tratamiento, en la Tabla 78, se presentan los cálculos de remoción en lo referente a los parámetros de DQO, DBO<sub>5</sub>, SST y Grasas y Aceites.

Tabla 78. Eficiencia STARI zona de islas EDS ESTACIÓN 3

Calculo Porcentaje de Remoción en Carga			
Parámetro	Carga afluyente (kg/d)	Carga efluente (kg/d)	% de Remoción
DQO (kg/d)	0,018	0,0023	87,51
DBO (kg/d)	0,008	0,0009	88,43
SST (kg/d)	0,031	0,0019	94,07
G&A (kg/d)	0,002	0,0001	94,91

Fuente: El Autor

En la tabla 79, se presenta la comparación de la remoción en carga del sistema de tratamiento existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 3 y los lineamientos establecidos en el artículo 73 del decreto 1594 de 1984, de esta manera se evidencia que la EDS cumple con lo exigido por la normatividad ambiental vigente para la obtención del permiso de vertimientos líquidos.

Tabla 79. Comparación eficiencia del sistema y decreto 1594 del 1984 STARI zona de islas EDS ESTACIÓN 3

Cumplimiento Usuario Nuevo Artículo 73 Decreto 1594 de 1984					
Parámetro	Afluyente	Efluente	% de Remoción	Norma de Vertimiento	Cumplimiento
Temperatura °C	31,500	32,600	---	< 40 °C	OK
pH	7,230	7,360	---	5 a 9	OK
DBO (kg/d)	0,008	0,001	88,43	> 80%	OK
SST (kg/d)	0,031	0,002	94,07	> 80 %	OK
G&A (mg/L)	63,300	3,100	94,91	< 100 mg/L	OK

Fuente: El Autor

**5.3.3.2 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona de Islas EDS ESTACIÓN 3.** De acuerdo con los resultados obtenidos de las mediciones realizadas In Situ, durante la jornada de monitoreo y los datos reportados por el laboratorio de las muestras recolectadas en el afluyente y efluente del tren de tratamiento existente en la zona de islas se pudo determinar qué:

- El sistema de tratamiento existente en la zona de islas EDS ESTACIÓN 3, está instalado como contingencia, en caso tal que ocurra un derrame o fuga de combustibles. Por tal motivo para llevar a cabo el monitoreo realizado, se hizo necesario inducir el caudal mediante la actividad de lavado de la zona.
- El caudal promedio empleado, para efectuar el lavado de la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 3, corresponde a 0,053 (L/s).
- Los parámetros referentes a pH y Temperatura, los cuales corresponden a las mediciones In Situ realizadas durante el monitoreo del afluyente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la EDS ESTACIÓN 2, no exceden los límites establecidos por el artículo 73 del decreto

1594 de 1984; el cual reglamenta los vertimientos de residuos líquidos sobre una red de alcantarillado.

- Los porcentajes de remoción en carga, de los parámetros analizados en el laboratorio de las muestras recolectadas durante el monitoreo, reportan una eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 3 por encima del 87%, para todos los parámetros.
- Actualmente el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 3, brinda cumplimiento al artículo 73 del decreto 1594 de 1984, en lo referente a la remoción en carga de los parámetros correspondientes a DBO, SST y G&A.

**5.3.3.3 Evaluación de La Operación y Funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de La Zona del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 3.** Con el fin de efectuar el aforo de caudales y la recolección de muestras de agua residual de tipo industrial, en el afluente y efluente del sistema de tratamiento construido para el manejo de las aguas que se generan a causa del funcionamiento del lavadero vehicular, se hizo necesario realizar un monitoreo durante una jornada de 12 horas; periodo de tiempo por el cual el lavadero vehicular trabaja diariamente.

Durante la jornada de monitoreo se realizó el aforo y la toma de muestras puntuales cada hora, con el objetivo de determinar el caudal medio diario utilizado por el lavadero para el desarrollo de sus actividades y posteriormente realizar la composición de las muestras puntuales recolectadas.

En las tablas 80 y 81, se presentan los datos de campo obtenidos durante el monitoreo de 12 horas que se realizó en el afluente y efluente, del sistema de

tratamiento de aguas residuales industriales construido en la EDS ESTACIÓN 3; con el objetivo de brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia del funcionamiento del mismo.

Tabla 80. Datos de campo afluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3

Parámetros In Situ Afluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3					
Hora	Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal (L/s)	pH	Temperatura °C
06:00 a.m.	1,56	1,65	0,95	8,77	31,60
07:00 a.m.	1,85	1,89	0,98	8,96	31,23
08:00 a.m.	1,87	1,97	0,95	8,31	31,56
09:00 a.m.	1,66	1,64	1,01	8,42	30,45
10:00 a.m.	1,93	2,13	0,91	8,23	31,37
11:00 a.m.	1,85	2,54	0,73	8,53	31,98
12:00 p.m.	1,67	1,73	0,97	8,89	32,00
01:00 p.m.	1,45	3,45	0,42	8,42	32,40
02:00 p.m.	1,24	3,56	0,35	8,69	32,25
03:00 p.m.	1,35	2,45	0,55	8,50	32,33
04:00 p.m.	2,28	2,13	1,07	8,78	31,65
05:00 p.m.	4,00	3,99	1,00	8,86	30,98
06:00 p.m.	3,56	3,06	1,16	8,55	30,23
Promedio	2,02	2,48	0,85	---	---
Valor Máximo	4,00	3,99	1,16	8,96	32,40
Valor Mínimo	1,24	1,64	0,35	8,23	30,23

Fuente: El Autor

Tabla 81. Datos de campo efluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3

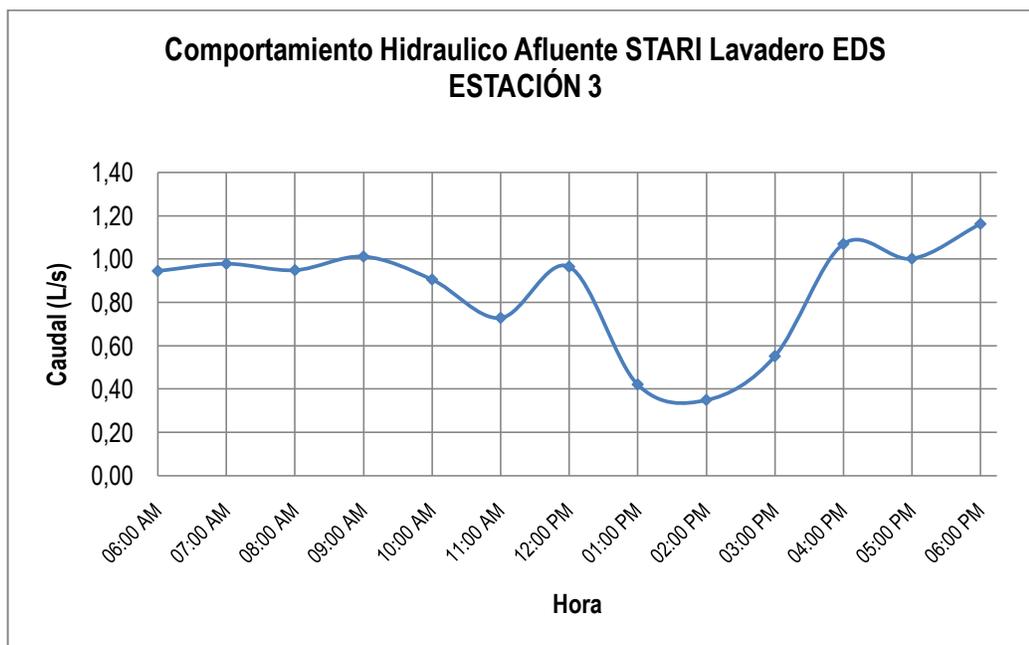
Parámetros In Situ Efluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3					
Hora	Volumen (L)	Tiempo (seg)	Caudal (L/s)	pH	Temperatura °C
06:00 a.m.	1,18	0,98	1,20	7,78	31,37
07:00 a.m.	1,26	1,33	0,95	7,65	31,23
08:00 a.m.	1,20	1,18	1,02	7,43	31,98
09:00 a.m.	1,32	1,55	0,85	7,58	32,65
10:00 a.m.	1,97	2,45	0,80	7,36	32,44
11:00 a.m.	1,98	2,98	0,66	8,12	32,56
12:00 p.m.	3,20	4,00	0,80	8,25	32,45
01:00 p.m.	3,50	4,50	0,78	8,13	32,00

Parámetros In Situ Efluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3					
02:00 p.m.	3,14	3,34	0,94	7,45	31,97
03:00 p.m.	2,78	2,39	1,16	7,97	31,13
04:00 p.m.	3,96	4,00	0,99	7,53	32,90
05:00 p.m.	3,17	3,56	0,89	8,27	31,45
06:00 p.m.	0,95	2,37	0,40	8,41	31,69
Promedio	2,28	2,66	0,88	---	---
Valor Máximo	3,96	4,50	1,20	8,41	32,90
Valor Mínimo	0,95	0,98	0,40	7,36	31,13

Fuente: El Autor

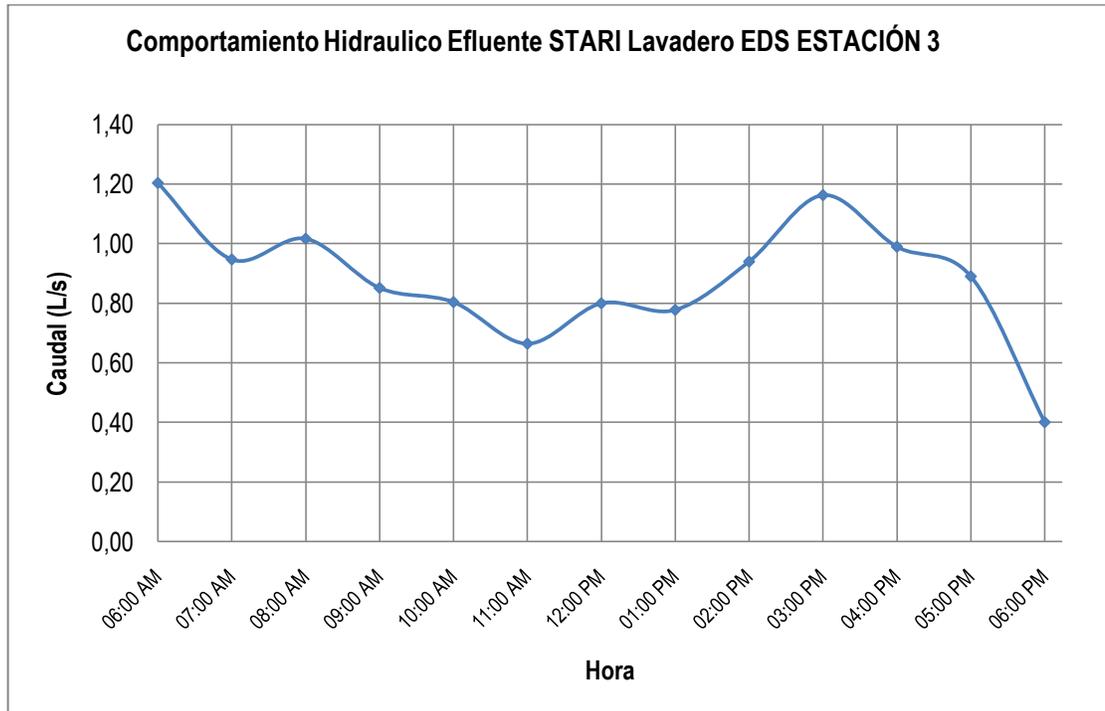
El comportamiento hidráulico observado durante las 12 horas en las que se realizó el monitoreo, del afluente y efluente del lavadero vehicular que funciona al interior de la EDS ESTACIÓN 3, se presenta en las graficas 19 y 20.

Grafica 19. Comportamiento hidráulico afluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3



Fuente: El Autor

Grafica 20. Comportamiento hidráulico efluente STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3



Fuente: El Autor

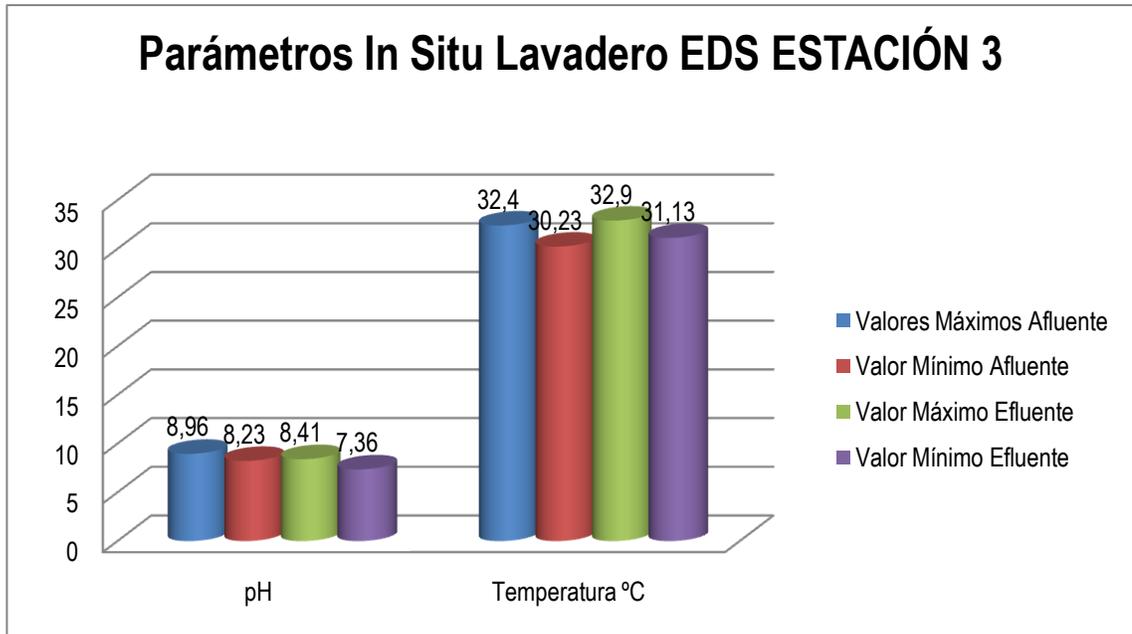
En la tabla 82 y en la grafica 21, se presentan los valores máximos y mínimos de las mediciones In Situ, realizadas durante la jornada de monitoreo en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido en el lavadero vehicular de las EDS ESTACIÓN 3, en lo referente a los parámetros de pH y Temperatura.

Tabla 82. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ lavadero EDS ESTACIÓN 3

Parámetro In Situ Lavadero EDS ESTACIÓN 1				
Parámetro	Afluente		Efluente	
	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo
pH	8,96	8,23	8,41	7,36
Temperatura °C	32,4	30,23	32,9	31,13

Fuente: El Autor

Grafica 21. Valores máximos y mínimos parámetros In Situ lavadero EDS ESTACIÓN 3



Fuente: El Autor

Los resultados de laboratorio obtenidos, de los parámetros mencionados en el ítem 5.3.3, de las muestras compuestas recolectadas en el afluente y efluente sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en el lavadero de la EDS ESTACIÓN 3, durante la jornada de monitoreo se presentan en la tabla 83.

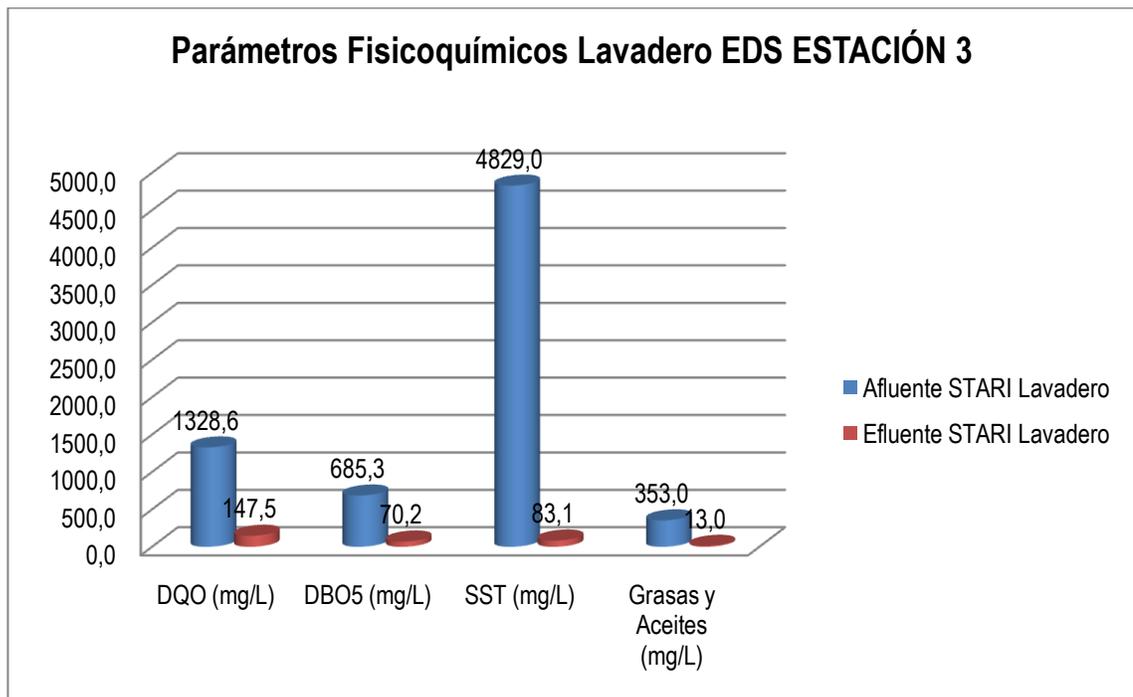
Tabla 83. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio lavadero EDS ESTACIÓN 3

Zona de Lavado de Vehículos EDS (ESTACIÓN 3)				
Análisis	Identificación De La Muestra		Unidades	Métodos
	Afluente STARI	Efluente STARI		
DQO	1328,6	147,5	mg/L	5220-B
DBO5	685,3	70,2	mg/L	5210-B
SST	4829,0	83,1	mg/L	2540-D
Grasas y Aceites	353,0	13,0	mg/L	5520-B

Fuente: El Autor

De igual forma en la grafica 22, se presentan los resultados reportados por el laboratorio, de las muestras recolectadas en el afluente y efluente durante la jornada de monitoreo realizada en el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 3.

Grafica 22. Parámetros fisicoquímicos reportados por el laboratorio lavadero EDS ESTACIÓN 3



Fuente: El Autor

Los cálculos de la carga contaminante afluente y efluente, del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido para el manejo de las aguas generadas por el lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 3, se exponen en la tabla 84. Dichos cálculos fueron hechos teniendo en cuenta la duración de la jornada de trabajo del lavadero y los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras tomadas durante la jornada de monitoreo.

Tabla 84. Calculo de carga contaminante STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3

Caculo Carga Zona de Lavado de Vehículos EDS (ESTACIÓN 3)						
Parámetro	Afluente			Efluente		
	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)	Concentración (mg/L)	Q (L/s)	Carga (kg/d)
DQO	1328,6	0,85	48,786	147,5	0,88	5,607
DBO	685,3		25,164	70,2		2,669
SST	4829		177,321	83,1		3,159
G&A	353		12,962	13		0,494
Tiempo de Vertimiento	12 horas					

Fuente: El Autor

Teniendo en cuenta los datos reportados por el laboratorio y los cálculos de carga realizados en el afluente y efluente del sistema de tratamiento, en la Tabla 85, se presentan los cálculos de remoción en lo referente a los parámetros de DQO, DBO<sub>5</sub>, SST y Grasas y Aceites.

Tabla 85. Eficiencia STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3

Calculo Porcentaje de Remoción en Carga			
Parámetro	Carga afluente (kg/d)	Carga efluente (kg/d)	% de Remoción
DQO (kg/d)	48,786	5,607	88,51
DBO (kg/d)	25,164	2,669	89,39
SST (kg/d)	177,321	3,159	98,22
G&A (kg/d)	12,962	0,494	96,19

Fuente: El Autor

En la tabla 86, se presenta la comparación de la remoción en carga del sistema de tratamiento construido, para el manejo de aguas residuales industriales provenientes del lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 1 y los lineamientos establecidos en el artículo 73 del decreto 1594 de 1984, de esta manera se evidencia que la EDS cumple con lo exigido por la normatividad ambiental vigente para la obtención del permiso de vertimientos líquidos.

Tabla 86. Comparación eficiencia del sistema y decreto 1594 del 1984 STARI lavadero EDS ESTACIÓN 3

Cumplimiento Usuario Nuevo Artículo 73 Decreto 1594 de 1984					
Parámetro	Afluente	Efluente	% de Remoción	Norma de Vertimiento	Cumplimiento
Temperatura °C	29,200	32,400	---	< 40 °C	OK
pH	8,690	7,700	---	5 a 9	OK
DBO (kg/d)	25,164	2,669	89,39	> 80%	OK
SST (kg/d)	177,321	3,159	98,22	> 80 %	OK
G&A (mg/L)	353,000	13,000	96,19	< 100 mg/L	OK

Fuente: El Autor

**5.3.3.4 Análisis de Resultados del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales del Lavadero Vehicular EDS ESTACIÓN 3.** Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las mediciones realizadas In Situ y los datos reportados por el laboratorio de los análisis practicados a las muestras recolectadas durante la jornada de monitoreo, en el afluente y efluente del sistema de tratamiento construido en el lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 3, para el manejo de los residuos líquidos que se generan; se logro determinar qué:

- El afluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido, para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia de la operación y funcionamiento del lavadero vehicular, reportó un comportamiento hidráulico promedio de 0,85 L/s y valores máximos y mínimos de 1,16 L/s y 0,35 L/s respectivamente.
- El efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido, para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia de la operación y funcionamiento del lavadero vehicular, reportó

un comportamiento hidráulico promedio de 0,88 L/s y valores máximos y mínimos de 1,20 L/s y 0,40 L/s respectivamente.

- Los valores obtenidos de las mediciones In Situ realizadas en el afluente y efluente de sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido en el lavadero vehicular que opera en la EDS ESTACIÓN 1, correspondientes a los parámetros de pH y Temperatura, no exceden los límites establecidos por el artículo 73 del decreto 1594 de 1984.
- De acuerdo con los resultados reportados por el laboratorio en lo referente a los parámetros de DQO, DBO y G&A, las concentraciones encontradas en las muestras recolectadas durante la jornada de monitoreo, corresponden a valores típicos de aguas residuales industriales proveniente de la actividad de lavado de vehículos.
- La concentración encontrada, en lo referente al parámetro de SST, en las muestras analizadas en el laboratorio; no corresponden a valores típicos de aguas residuales industriales que se generan como consecuencia del lavado de vehículos.
- De acuerdo con los cálculos de remoción en carga en lo referente a los parámetros de DBO, DQO, SST y G&A, se pudo determinar que el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido, para el manejo de los residuos líquidos generados por el lavadero vehicular de la EDS ESTACIÓN 3 presenta eficiencias por encima del 88 por ciento.
- El sistema de tratamiento de aguas residuales industriales construido, para brindar manejo a los residuos líquidos que se generan como consecuencia de la operación y funcionamiento del lavadero vehicular, actualmente cumple con los lineamientos establecidos por el artículo 73 del decreto 1594 de 1984.

## CONCLUSIONES

- Los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales existentes en las EDS ESTACIÓN 1 y EDS ESTACIÓN 3, contaban con las unidades de tratamiento apropiadas para el manejo de los residuos líquidos generados en la zona de islas, teniendo en cuenta que cualitativamente presentaban una correcta operación y funcionamiento, por tal motivo no fue necesario realizar ningún ajuste de tipo hidráulico o estructural a ninguno de los sistemas antes mencionados.
- El sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, no estaba brindando un manejo adecuado a los residuos líquidos generados, teniendo en cuenta que la unidad final de filtración se encontraba en estado de saturación; por tal motivo se hizo necesario realizar ajustes de tipo hidráulico y estructural al sistema de tratamiento existente.
- El lavadero vehicular que opera dentro de la EDS ESTACIÓN 1 no brindaba cumplimiento al artículo 72 del decreto 1594 de 1984, debido a que realizaba sus descargas de aguas residuales de tipo industrial, directamente sobre un cuerpo de agua sin ninguna clase de tratamiento previo.
- El lavadero vehicular existente en la EDS ESTACIÓN 3, no contaba con un adecuado sistema de tratamiento, para las aguas residuales de tipo industrial que genera por sus actividades, debido a que las unidades identificadas durante las visitas técnicas, se encontraban en estado de saturación y mal localizadas. Hecho por el cual se procedió al diseño y construcción de un nuevo tren de tratamiento y de esta forma brindar conformidad al artículo 73 del decreto 1594 de 1984, el cual reglamenta el vertimiento de residuos líquidos sobre una red de alcantarillado.

- Las unidades de tratamiento de aguas residuales domésticas, identificadas en las EDS ESTACIÓN 1 y EDS ESTACIÓN 2, no brindaban un manejo adecuado a los residuos líquidos provenientes de la zona de baños, debido a que en ambas EDS estas unidades fueron encontradas en estado de saturación.
- La información suministrada por cada una de las estaciones de servicio, en lo referente a los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico e industrial existentes y las caracterizaciones fisicoquímicas realizadas a los mismo, no fue suficiente para realizar un adecuado diagnostico del manejo ambiental que se le brinda a los residuos líquidos en las EDS.
- Los diseños de las unidades de tratamiento de aguas residuales de tipo industrial, para el manejo de los residuos líquidos generados en los lavadero vehiculares de las EDS ESTACIÓN 1 y EDS ESTACIÓN 3, fueron realizados bajo las recomendaciones y lineamientos establecidos por el Manual de Gestión Para Lavaderos de Vehículos de la CDMB y las Guías Ambientales Para Estaciones de Servicio, y de este modo brindar conformidad a los artículos 72 y 73 del decreto 1594 de 1984.
- Los diseños de las unidades de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico, para el manejo de los residuos líquidos generados por el uso de las baterías sanitarias de las EDS ESTACIÓN 1 y EDS ESTACIÓN 2, fueron realizados bajo las recomendaciones y lineamientos establecidos por el documento Normas Técnicas de Diseño, Construcción e Instalación de Tanques Sépticos y Disposición Final de Efluentes Finales de la CDMB y las Guías Ambientales Para Estaciones de Servicio, y de este modo brindar conformidad al Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 en lo referente a tiempos de retención hidráulico y disposición final de efluentes finales

- El diseño del filtro de grava de flujos ascendente, para el manejo de las aguas residuales de tipo industrial generadas en la EDS ESTACIÓN 2, fue realizado bajo algunas de las recomendaciones del documento Normas Técnicas de Diseño, Construcción e Instalación de Tanques Sépticos y Disposición Final de Efluentes Finales de la CDMB, no obstante no se considera que la unidad realice ningún tipo de remoción de materia orgánica por medio de reacciones anaerobias, teniendo en cuenta que la unidad no cumple con los tiempos de retención mínimos establecidos y adicionalmente fue diseñada con el fin de remover los sólidos en suspensión que logran pasar de la unidad de ZEPPI NI .
- Para evaluar la operación y funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo industrial y Doméstico, se hizo necesario realizar una jornada de monitoreo a cada uno de los sistemas. De esta manera se determinó el comportamiento hidráulico de los afluentes y efluentes durante un tiempo determinado y adicionalmente realizó una composición de muestras con el fin de asegurar la representatividad de los resultados.
- Los monitoreos realizados en el afluente y efluente de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo industrial de las zonas de islas de las EDS ESTACIÓN 1, EDS ESTACIÓN 2 y EDS ESTACIÓN 3, fueron realizados de manera puntual, teniendo en cuenta que este tipo de sistemas no realizan descargas de manera continua y que su operación y funcionamiento solo se efectúa durante actividades de lavado o en caso de contingencia por derrames o fugas de combustible.
- Las jornadas de monitoreo realizadas en los afluentes y efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo industrial, diseñados y construidos en lavaderos que funcionan en las EDS ESTACIÓN 1 y EDS ESTACIÓN 3, fueron realizadas durante un periodo de tiempo de 12 horas. Tiempo por el cual los lavaderos vehiculares operan diariamente.

- De acuerdo con los resultados de la caracterización fisicoquímica realizada en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 1, se corroboró que el sistema brinda cumplimiento al artículo 72 del decreto 1594 de 1984, en lo referente a la remoción en carga de los parámetros correspondientes a DBO, SST y G&A, y a los límites establecidos para los parámetros de pH y Temperatura.
- Teniendo en cuenta los resultados de la caracterización físico química realizada en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales diseñado y construido para el manejo de los residuos líquidos que general el lavadero vehicular de la EDS ESTACIÓN 1 se pudo determinar qué: las concentraciones en el afluente de DBO, DQO y G&A son típicas de este tipo de establecimientos; los porcentajes de eficiencia del sistema están por encima del 84 por ciento y adicionalmente se está cumpliendo con los lineamientos establecidos por el artículo 72 del decreto 1594 de 1984.
- Se precisa que con respecto, al comportamiento hidráulico del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas diseñado y construido en la EDS ESTACIÓN 1 y a la caracterización físico química realizada en el afluente del mismo, se logró determinar qué: las concentraciones de agua residual son típicas de aguas residuales domésticas no tratadas de tipo fuerte; y los aportes de carga per cápita y los tiempos de retención hidráulicos calculados corresponden a los establecidos por Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E.
- De acuerdo con la caracterización fisicoquímica realizada, al afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de las zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, se determino que la unidad de ZEPPINI y el filtro

de grava de flujo ascendente realizan remociones por encima del 89 por ciento, en lo referente a los parámetros de DQO, DBO, SST y G&A.

- En lo referente a la disposición final de las aguas residuales de tipo industrial, provenientes de la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 2, se precisa que se realizó la conexión hidráulica a las zanjas de infiltración del sistema de tratamiento de aguas residuales doméstico, teniendo en cuenta que no existe ningún cuerpo de agua o alcantarillado público cercano.
- Se precisa que con respecto, al comportamiento hidráulico del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas diseñado y construido en la EDS ESTACIÓN 2 y a la caracterización físico química realizada en el afluente del mismo, se logró determinar que: las concentraciones de agua residual son típicas de aguas residuales domésticas no tratadas entre media y fuerte; y los aportes de carga per cápita y los tiempos de retención hidráulicos calculados corresponden a los establecidos por Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 Título E.
- De acuerdo con los resultados de la caracterización fisicoquímica realizada en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existente en la zona de islas de la EDS ESTACIÓN 3, se corroboró que el sistema brinda cumplimiento al artículo 73 del decreto 1594 de 1984, en lo referente a la remoción en carga de los parámetros correspondientes a DBO, SST y G&A, y a los límites establecidos para los parámetros de pH y Temperatura.
- Teniendo en cuenta los resultados de la caracterización físico química realizada en el afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales diseñado y construido para el manejo de los residuos líquidos que genera el lavadero vehicular de la EDS ESTACIÓN 3 se pudo

determinar qué: las concentraciones en el afluente de DBO, DQO y G&A son típicas de este tipo de establecimientos; los porcentajes de eficiencia del sistema están por encima del 88 por ciento y adicionalmente se está cumpliendo con los lineamientos establecidos por el artículo 73 del decreto 1594 de 1984.

## RECOMENDACIONES

- Se precisa que para la buena operación y funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico e industrial, construidos para el manejo de los residuos líquidos que se generan en las distintas zonas que componen las estaciones de servicio, es conveniente seguir las instrucciones de operación y mantenimiento, de cada una de las unidades, las cuales se presentan en este documento.
- Con el fin de brindar un adecuado manejo a los subproductos que se generan en las unidades de tratamiento, por consecuencia de las aguas residuales tratadas, se precisa que estos deben ser recolectados, tratados y dispuestos por un ente gestor autorizado.
- Es conveniente realizar de manera anual, una caracterización fisicoquímica en los afluentes y efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico e industrial diseñados y construidos en las EDS. Con el objetivo de verificar que las unidades que componen dichos trenes de tratamiento se encuentren operando y funcionando de manera correcta dando cumplimiento a la normatividad vigente.
- Se precisa que las EDS ESTACIÓN 1, EDS ESTACIÓN 2 y EDS ESTACIÓN 3, se encuentran en pleno cumplimiento de la normatividad vigente, hecho por el cual es conveniente continuar con los trámites en función del permiso de vertimientos en beneficio de los establecimientos antes mencionados.
- Para próximas caracterizaciones fisicoquímicas del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, construido con el objetivo de brindar tratamiento a los residuos líquidos generados por el lavadero vehicular en la EDS ESTACIÓN 1, se precisa que es conveniente realizar aforos a la entrada y

salida del humedal con el fin de verificar que no existan vertimientos adicionales a los provenientes del lavado de vehículos sobre la unidad de tratamiento final.

- Con el objetivo de brindar un adecuado manejo a los residuos sólidos, que se generan en las diferentes EDS, es conveniente desarrollar un Programa de Gestión Integral De Residuos-PGIR de acuerdo con las necesidades de cada uno de los establecimientos.
- En lo referente al manejo adecuado del recurso hídrico, en cada una de las estaciones, se precisa que se deben adelantar campañas enfocadas al uso eficiente del agua y adicionalmente realizar revisiones constantes a las instalaciones hidráulicas que se encuentran al interior de las EDS.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Ministerio de desarrollo económico, dirección de agua y saneamiento básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Título E. Bogotá DC, Colombia. Noviembre del 2000.
- [2] Ministerio de salud. Decreto 1594. Bogotá, Colombia. 26 de junio de 1984.
- [3] ELIASSEN, Rolf y Tchobanoglous George. - ingeniería sanitaria: tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Calabria, España. Editorial labor, segunda edición. 1985.
- [4] Corporación ecoeficiencia. Grupo técnico CDMB. Manual de gestión ambiental para lavaderos de vehículos. Bucaramanga, Colombia. Marentes group. 2005
- [5] ANAYA MARTÍNEZ, Freddy Antonio. GUEVARA PINEDA, Hernando. GÓMEZ PEREIRA, Vladimir Illich, ESCANDÓN MONCALEANO, Carlos Arturo. Normas técnicas diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales. Bucaramanga, Colombia. Oficina de divulgación y prensa CDMB. Febrero 2005.
- [6] SANTOYO, Claudia. ROJAS IBAÑEZ, Cesar Enrique, CASTILLO, Luis Eduardo. Implementación de un humedal artificial como postratamiento de efluentes de reactores tipo UASB en la planta de tratamiento de aguas residuales de Ríofrio. En: Puente revista científica universidad pontificia bolivariana seccional Bucaramanga. Bucaramanga, Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana. Diciembre 2007.
- [7] Zeppini industrial y comercial S.A. Manual de instrucciones caja separadora de agua y aceite ZP5000. Sao Paulo, Brasil.

[8] MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía Ambiental Para Estaciones de Servicio. Bogotá, Colombia. 12 de mayo de 2007.

[9] LOPEZ CAULLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá. Escuela colombiana de ingeniería. 1995.

[10] ICONTEC. Norma técnica colombiana 1486, presentación de tesis, trabajos de grado, y otros trabajos de investigación. Sexta actualización. 2007.

## **ANEXOS**

**ANEXO A.** PLANTA Y PERFIL, SISTEMA DE TRATAMIENTO, LAVADERO VEHICULAR EDS ESTACIÓN 1. PLANO 1 DE 2. (Ver archivo magnético)

**ANEXO B.** UNIDADES DE TRATAMIENTO, LAVADERO VEHICULAR EDS ESTACIÓN 1. PLANO 2 DE 2. (Ver archivo magnético)

**ANEXO C.** UNIDADES DE TRATAMIENTO, AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EDS ESTACIÓN 1. PLANO 1 DE 2. (Ver archivo magnético)

**ANEXO D.** PLANTA Y PERFIL, SISTEMA DE TRATAMIENTO, AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EDS ESTACIÓN 1. PLANO 2 DE 2. (Ver archivo magnético)

**ANEXO E.** UNIDADES DE TRATAMIENTO, AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EDS ESTACIÓN 2. PLANO 1 DE 2. (Ver archivo magnético)

**ANEXO F.** PLANTA Y PERFIL, SISTEMA DE TRATAMIENTO, AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EDS ESTACIÓN 2. PLANO 2 DE 2. (Ver archivo magnético)

**ANEXO G.** PLANTA Y PERFIL, SISTEMA DE TRATAMIENTO, LAVADERO VEHICULAR EDS ESTACIÓN 3. PLANO 1 DE 2. (Ver archivo magnético)

**ANEXO H.** UNIDADES DE TRATAMIENTO, LAVADERO VEHICULAR EDS ESTACIÓN 3. PLANO 2 DE 2. (Ver archivo magnético)