

**DIAGNÓSTICO DEL USO DEL AGUA, FORMULACIÓN Y DISEÑO DE  
ACCIONES PARA SER EFICIENTES EN EL USO Y VERTIMIENTO DEL  
RECURSO HÍDRICO EN LA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO  
“EL CIMARRÓN” MUNICIPIO DE GRANADA - META**

**FRANCISCO JAVIER GAONA CÓRDOBA  
MARCO ANTONIO ORTIZ FINO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

**DIAGNÓSTICO DEL USO DEL AGUA, FORMULACIÓN Y DISEÑO DE  
ACCIONES PARA SER EFICIENTES EN EL USO Y VERTIMIENTO DEL  
RECURSO HÍDRICO EN LA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO  
“EL CIMARRÓN” MUNICIPIO DE GRANADA - META**

**FRANCISCO JAVIER GAONA CÓRDOBA  
MARCO ANTONIO ORTIZ FINO**

**Monografía para optar al título de  
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director  
ING. Esp. RICHARD DIAZ GUERRERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

Ni la Universidad Industrial de Santander,  
ni los jurados se hacen responsables de  
los conceptos expuestos en el presente  
documento

*De antemano, gratitud infinita al Señor por permitirme alcanzar mis objetivos, y este uno más de estos. A mi familia, mi gratitud infinita por el apoyo que me han brindado, y a mis compañeros y amigos con los que he contado a lo largo de mi vida en los ámbitos personal y profesional*

**Francisco Javier Gaona Córdoba**

*Doy gracias a Dios Padre por las bendiciones que me ha regalado, a mi Madre María Engracia Fino por su apoyo orientación y amor durante cada etapa de mi vida; a la memoria de mi señor Padre Jorge Ortiz Díaz (Q. E. D.) quien me impulso en vida para crecer profesionalmente y académicamente y, a mi amada esposa Odilia Patiño Alarcón quien siempre está a mi lado tanto en mis triunfos como en épocas difíciles.*

**Marco Antonio Ortiz Fino**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	26
1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE GRANADA - META.....	27
2. ANTECEDENTES PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO “EL CIMARRÓN” .....	30
2.1 GENERALIDADES.....	32
3. IDENTIFICACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACTIVIDADES DE SACRIFICIO Y FAENADO EN LA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO “EL CIMARRON” DE GRANADA - META.....	34
4. DIAGNÓSTICO DE LA CANTIDAD DE AGUA UTILIZADA EN CADA UNA DE LAS ACTIVIDADES DE SACRIFICIO Y FAENADO.....	45
5. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO DEL MUNICIPIO DE GRANADA .....	75
5.1 SEDIMENTADORES.....	75
5.2 TRAMPA DE GRASAS.....	77
5.3 FILTROS .....	79
5.4 OTROS ADITAMENTOS Y ESTRUCTURAS HIDRAULICAS DE COMPLEMENTO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	80
5.5 EFICIENCIA REAL DEL SISTEMA.....	82
5.5.1 Remoción de la DBO .....	82
5.5.2 Sólidos totales.....	83
5.5.3 Diámetro efectivo del sistema de tuberías de la planta.....	84
5.6 RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA....	88
5.6.1 En sedimentadores se recomienda:.....	88
5.6.2 En el filtro percolador se recomienda .....	90
5.6.3 Diseño del Filtro Fitopedológico .....	91

5.6.4	Remoción de carga contaminante de acuerdo al dispositivo (porcentajes de eficiencia) .....	95
6	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – PTAR- DE LA PLANTA DE SACRIFICIO DE GRANADA - META .....	96
6.1	CALCULOS Y REDISEÑOS DE LA UNIDAD SEDIMENTADORA <sup>10</sup> .....	96
6.2	MODIFICACIÓN DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO, SECUNDARIO Y UNIDAD EN PARALELO A DESARENADORES DE TASA ALTA .....	101
6.3	DISEÑO <sup>13</sup> DEL FILTRO PERCOLADOR MULTILECHO PARA CAUDAL PROYECTADO DE 3,8 LTS/SEG .....	109
6.3.1	Capacidad Instalada del Filtro Percolador <sup>14</sup> de Acuerdo a las Dimensiones Reales en Campo .....	111
6.4	TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN EL ESTERCOLERO Y CUARTO DE PIELES .....	113
6.5	CAJAS DE INSPECCIÓN .....	115
6.6	RESUMEN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	116
7	BOSQUEJO DEL PLAN DE USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA PARA LA PLANTA DE SACRIFICIO .....	117
8	CONCLUSIONES .....	121
9	RECOMENDACIONES .....	123
	BIBLIOGRAFÍA .....	124
	ANEXOS .....	126

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
TABLA 1. PROCESO DE SACRIFICIO Y FAENADO .....	40
TABLA 2. RESUMEN CANTIDAD DE AGUA UTILIZADA EN CADA UNO DE LOS PROCESOS DESARROLLADOS DURANTE EL SACRIFICIO Y FAENADO .....	73
TABLA 3. CONDICIONES ACTUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO “EL CIMARRÓN” .	80
TABLA 4. ANÁLISIS DE LABORATORIO TECNOAMBIENTAL LTDA CARGA (KG/MES) DE CONTAMINANTES.....	84
TABLA 5. ANÁLISIS DE LABORATORIO TECNOAMBIENTAL LTDA. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON LA LEGISLACIÓN (DECRETO 1594 DE 1984) .....	84
TABLA 6. MATERIAL FILTRANTE RECOMENDADO .....	90
TABLA 7. REMOCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE PARA CADA DISPOSITIVO .....	95
TABLA 8. RESUMEN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	116

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
FIGURA 1. FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES SACRIFICIO Y FAENADO .....	39
FIGURA 2. FLUJOGRAMA USOS DEL AGUA .....	45
FIGURA 3. FILTRO FITOPEDOLÓGICO .....	94
FIGURA 4. PERFIL DESARENADOR DE ALTA TASA .....	109
FIGURA 5. FILTRO MÚLTIPLES CAPAS FILTRANTES .....	113

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Pág.</b>
FOTOGRAFÍA 1. ESCENARIO CENTRAL DEL MUNICIPIO .....	28
FOTOGRAFÍA 2. PUNTO DE VERTIMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE SACRIFICIO.....	32
FOTOGRAFÍA 3. POZO SUBTERRÁNEO.....	47
FOTOGRAFÍA 4. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA.....	47
FOTOGRAFÍA 5. PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA .....	48
FOTOGRAFÍA 6. RECEPCIÓN DE ANIMALES .....	48
FOTOGRAFÍA 7. GANADO EN LOS CORRALES .....	49
FOTOGRAFÍA 8. LAVADO DE CORRALES Y DE GANADO .....	49
FOTOGRAFÍA 9. INSENSIBILIZACIÓN .....	51
FOTOGRAFÍA 10. IZADO Y SANGRÍA .....	51
FOTOGRAFÍA 11. SEPARACIÓN DE MANOS .....	53
FOTOGRAFÍA 12. INICIO DE DESUELLOS .....	55
FOTOGRAFÍA 13. SEPARACIÓN CABEZA .....	56
FOTOGRAFÍA 14. DESUELLO (DIFERENCIAL) .....	57
FOTOGRAFÍA 15. EVISCERACIÓN.....	59
FOTOGRAFÍA 16. SEPARACIÓN DE LA CANAL .....	60
FOTOGRAFÍA 17. LAVADO DE CANALES Y MEDIA CANALES .....	61
FOTOGRAFÍA 18. OREO, CUARTO FRÍO Y SALIDA DEL PRODUCTO .....	62
FOTOGRAFÍA 19. CALDERA Y CUARTO DE PATAS .....	63
FOTOGRAFÍA 20. CUARTO DE CABEZAS .....	64
FOTOGRAFÍA 21. CUARTO DE PIELES.....	65
FOTOGRAFÍA 22. VÍSCERAS ROJAS .....	66
FOTOGRAFÍA 23. VÍSCERAS BLANCAS.....	67
FOTOGRAFÍA 24. ESTADO DE LAS UNIDADES DE SEDIMENTACIÓN (COLMATADA) .....	76
FOTOGRAFÍA 25. ESTADO DE LA TRAMPA DE GRASAS .....	78
FOTOGRAFÍA 26. FILTROS .....	80

FOTOGRAFÍA 27. CAJA DE INSPECCIÓN.....81

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO 1. MUESTREO DE AGUAS PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES TECNOAMBIENTAL LTDA .....	126

**TÍTULO:** DIAGNÓSTICO DEL USO DEL AGUA, FORMULACIÓN Y DISEÑO DE ACCIONES PARA SER EFICIENTES EN EL USO Y VERTIMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO “EL CIMARRÓN” MUNICIPIO DE GRANADA – META.\*

**AUTOR:** GAONA CÓRDOBA, Francisco  
ORTIZ FINO, Marco\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Contaminación, planta de sacrificio, aguas residuales, vertimiento, impacto ambiental negativo, planta de tratamiento de aguas residuales.

**CONTENIDO:**

Actualmente existen quejas interpuestas por la comunidad ante las autoridades ambientales y sanitarias por la contaminación ambiental generada por la Planta de Sacrificio de animales de abasto público del municipio de Granada-Meta. El impacto más evidente es el causado al componente hídrico, toda vez que las aguas residuales vertidas sobre el cuerpo de agua receptor alteran visiblemente sus condiciones fisicoquímicas.

Es así que se pretende analizar lo que ocurre internamente en la Planta de Sacrificio asociado al uso y vertimiento de agua, a fin de plantear soluciones que permitan minimizar el impacto ambiental negativo sobre el recurso hídrico; de esa forma lograr que la Planta de Sacrificio continúe prestando el servicio, pues de lo contrario la comunidad se vería encaminada a sacrificar las reses en sitios ilegales agudizando la problemática ambiental y sanitaria relacionada con el producto cárnico.

Este estudio se encaminó a identificar las cantidades de agua utilizadas en cada una de las etapas del proceso productivo llevadas a cabo en la Planta de Sacrificio, no sin antes conocer cuáles son las actividades desarrolladas en el proceso de sacrificio y faenado. Posteriormente, evaluar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y plantear un nuevo diseño a fin de que los vertimientos generados se ajusten a los parámetros exigidos por la normativa ambiental vigente. Asimismo y por último formular algunas recomendaciones para que el consumo de agua sea más eficiente en la Planta de Sacrificio.

---

\* Trabajo de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director ING. Esp. Richard Díaz Guerrero

**TITLE:** DIAGNOSIS OF WATER USE, DEVELOPMENT AND DESIGN OF ACTIONS TO BE EFFICIENT AND DUMPING OF WATER RESOURCES IN THE SLAUGHTER PLANT CATTLE "EL CIMARRÓN" GRANADA – META MUNICIPALITY.

**AUTHORS:** GAONA CÓRDOBA, Francisco  
ORTIZ FINO, Marco

**KEYWORDS:** Pollution, slaughter plant, sewage, dumping, environmental fate negative, wastewater treatment plant

**CONTENT:**

Currently, there are complaints interposed by the community before the environmental and health authorities; in relation with the pollution of the environment, generated by slaughter-house of Granada – Meta municipality. The most evident impact is the one caused to the water component, given that the sewage dumped in the receiving water body alters visibly its physic-chemical condition.

So it aims to analyze what happens internally in the slaughter house associated-house associated with the water use and dumping, in the order tu propose solutions minimizing the negative environmental impact over the water recourses and by this way to get than the slaughter-house continues lending its service, because otherwise the community would be ready to sacrifice cattle in illegal places, deepening the environmental and health problematic, related with the meat product.

This study was directed to identify the amount of water utilized in each of the stages of the productive process carried out in the slaughter-house not without knowing which are the activities developed in the sacrifice process, then evaluate the efficiency of the wastewater treatment plant and plan a new design directed to that generated dumps be adjusted to the parameters demanded by environment legislation standing. For this matter likewise and finally make some recommendations so the water consumption be more efficient in the slaughter-house.

---

\*Grade Project.

\*\*Chemical Physique Engineering´s Faculty. Chemical Engineering School. Specialization in Environmental Engineering. Director : Richard Díaz Guerrero.

## GLOSARIO

**ABIOTICO:** Se refiere a la parte no viviente del medio conformado por elementos o sustancias inertes como las rocas, la arena, el agua, el aire.

**AEROBIO:** Proceso que ocurre en presencia de oxígeno, tal como la digestión de la materia orgánica por las bacterias en una charca de oxidación.

**AFECTACIÓN:** Acción de un ser vivo sobre un medio determinado, produciendo su alteración permanente durante cierto periodo de tiempo.

**AGENTES CONTAMINANTES BIODEGRADABLES:** Agentes contaminantes que son capaces de ser descompuestos bajo condiciones naturales.

**AGUA ÁCIDA:** Agua que contiene una cantidad de sustancias ácidas que hacen al pH estar por debajo de 6.5.

**AGUA CONTAMINADA:** La presencia en el agua de suficiente material perjudicial o desagradable para causar un alteración en la calidad del agua.

**AGUA DURA:** Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes.

**AGUA SUBTERRÁNEA:** Agua que puede ser encontrada en la zona saturada del suelo; zona consistente principalmente en agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.

**ÁREA DE PROTECCIÓN SANITARIA:** Tiene por objeto separar convenientemente las instalaciones de los mataderos, del resto del ambiente, es decir, de instalaciones circunvecinas o aledañas.

**AGUAS NEGRAS:** Combinación de líquidos o desechos acarreados por aguas provenientes de zonas residenciales, comerciales, escolares e industriales, pudiendo contener aguas de origen pluvial, superficial o del suelo.

**ANTRÓPICO:** Relativo a la acción humana sobre el medio.

**ALISIOS:** Vientos regulares que soplan desde las altas presiones subtropicales hacia las bajas presiones ecuatoriales.

**ALUVIÓN:** Sedimento que dejan las corrientes de agua cuando se secan o se absorben.

**AMBIENTE:** Todo lo que rodea a los seres vivos.

**AMBIENTE FÍSICO:** Se refiere al ambiente espacial, con exclusión de los seres vivos, especialmente el ser humano.

**ARCILLAS:** Partículas constitutivas del suelo cuyo diámetro es menor de 0,002 mm, constituye el sistema coloidal donde quedan atrapadas las aguas.

**ARENA:** Partículas gruesas constitutivas del suelo, junto con las arcillas y el limo, forman el sustrato del suelo. Los diámetros de sus partículas varían de 1 a 10 mm.

**ASENTAMIENTO HUMANO:** Ubicación física permanente de un grupo de seres humanos en forma organizada.

**ASOCIACIÓN:** Es una unidad operacional, que produce del cálculo hecho sobre el muestreo de especies de un área determinada.

**BIOGEOGRAFÍA:** Estudio de la estructura de los ecosistemas existentes en las diversas regiones geográficas o biomas.

**BIÓTICO:** Que tiene vida, se aplica a todo el conjunto de organismos vivos que hacen parte de un ecosistema.

**CARNE EN CANAL:** Cuerpo de cualquier animal de abasto público o para consumo humano, después de haber sido sacrificado y eviscerado.

**CAUDAL:** Es la cantidad de agua que lleva un río, caño o quebrada. Cantidad de agua que pasa por determinado punto de un curso fluvial o artificial.

**CAPACIDAD DE CAMPO:** Es la máxima cantidad de agua que puede retener un suelo en contra de fuerza de gravedad en condiciones de avenamiento.

**CERCO PERIMETRAL:** Encerramiento de un área, construido en bloque, malla fuerte o cualquier otro material que impida el acceso de personas o animales, con sus respectivas puertas de acceso y salida.

**CLIMA:** Conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan a una región dada.

**CLIMATOLOGÍA:** Estudio del clima, es decir, del conjunto de condiciones meteorológicas y físicogeográficas propias de un lugar o región. El clima está determinado por la distancia a la línea Ecuatorial, por la altura y por la situación relativa con respecto a conjuntos de agua y de montañas.

**COLMATACIÓN:** Relleno importante, por procesos de sedimentación, de cualquier cauce, canal de riego, embalse, laguna, valle y en forma general de toda depresión topográfica.

**COMUNIDAD:** Grupo de personas o plantas de una misma especie, o distintas, en interrelación. Conjunto de organismos de diferentes especies que ocupan una residencia ecológica especial.

**CONSERVACIÓN:** Acción y efecto de mantener un ecosistema en un buen estado. Gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano, de tal suerte que produzca el mayor y mejor beneficio sostenido para las generaciones actuales, pero que mantenga su potencialidad para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras.

**CUENCA HIDROGRÁFICA:** Área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica, natural con uno o varios causes naturales de canal continuo o intermitente, que concluye en un curso mayor que a su vez puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en pantano o directamente al mar.

**CONTAMINACIÓN:** Acción de un agente que mancha o intoxica a cualquier ambiente, haciéndolo perjudicial para la vida humana, animal o vegetal. Presencia de sustancias patógenas en forma sólida, líquida o gaseosa en un medio que altere las condiciones naturales.

**D. B. O.:** Sigla de la frase Demanda Bioquímica de Oxígeno. La cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es requerido para la descomposición de la materia orgánica por los organismos unicelulares, bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir la cantidad de carga orgánica en aguas residuales.

**DBO<sub>5</sub>:** La cantidad de oxígeno disuelto consumido en cinco días por las bacterias que realizan la degradación biológica de la materia orgánica.

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno. Cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es consumido en la oxidación de materia orgánica y materia inorgánica oxidable, bajo condiciones de prueba. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales.

**DECOMISO:** Separación definitiva de un animal o cualquiera de sus partes después de haber sido inspeccionado y hallado con dictamen de inadecuado para el consumo humano y marcado con un sello que diga decomisado.

**DETRITO:** Residuo resultante de la desintegración de los organismos y de sus partes como excreciones, pelos, etc.

**DRENAJE:** Es la acción o mecanismo mediante la cual se evacuan o retiran las aguas de un sitio.

**DIAGRAMA DE FLUJO:** es la representación sistemática de la secuencia de etapas u operaciones utilizada en la producción o fabricación de un determinado producto.

**EFFECTO AMBIENTAL:** Es la modificación del entorno, que por su magnitud y características, permite que el ecosistema lo absorba sin que se produzca un cambio significativo.

**ESCORRENTÍA:** Se dice generalmente del escurrimiento superficial de agua, cuando se produce sobre el mismo terreno o en pequeñas cañadas y quebradas.

**EUTROFICACIÓN:** Proceso natural mediante el cual una laguna se llena de materia orgánica (humus - vegetales- suelo).

**FILTRACIÓN:** separación de sólidos y líquidos usando un material poroso que solo permite pasar el líquido a través de él.

**FLUJO:** El ratio del caudal de un recurso, expresado en volumen por unidad de tiempo.

**HIDROLOGÍA:** Parte de las ciencias naturales que se ocupa del estudio de las aguas.

**HUMEDAD RELATIVA:** Relación entre la cantidad real de vapor presente en un determinado volumen de aire con la cantidad presente cuando está saturado.

**IMPACTO AMBIENTAL:** Es una modificación cualitativa sustancial del ecosistema en su funcionamiento, que por el grado de alteración hace posible retomar las condiciones iniciales y contribuye a un proceso de deterioro permanente y/o continuado.

**MÉDICO VETERINARIO INSPECTOR:** Todo médico veterinario titulado, debidamente autorizado por el Ministerio de Salud o las entidades delegadas para llevar a cabo diligencias de inspección sanitaria de los animales de consumo humano y supervisar los mataderos y sus operaciones desde el punto de vista técnico y sanitario.

**MEDIDAS DE COMPENSACIÓN:** Son obras o actividades dirigidas a retribuir a las comunidades, regiones y localidades, los impactos o efectos negativos que no pueden ser evitados, corregidos o satisfactoriamente mitigados durante el desarrollo de algunas obras o actividades.

**MEDIDAS DE CORRECCIÓN:** Son obras o actividades dirigidas a recuperar restaurar o reparar las condiciones del medio ambiente afectado.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:** Son obras o actividades dirigidas a atenuar y minimizar los impactos y efectos negativos que puede generar un proyecto, obra o actividad sobre el entorno humano y natural

**MEDIO AMBIENTE:** El conjunto de condiciones naturales que rodean a los seres vivos y que subordinan sus relaciones entre sí, su conducta y comportamiento y en general, sus condiciones de vida.

**MIGRACIÓN:** Cambio del lugar habitual de residencia por un período determinado o limitado. El término se aplica a las traslaciones de las aves, y de otros animales, de una región a otra.

**PENDIENTE DE UN TERRENO:** Declive del terreno medido en forma de metros de caída por cada 100 metros horizontales. Generalmente se expresa en términos porcentuales.

**PERFIL:** Representación gráfica de un corte perpendicular a través de una parte de la corteza terrestre, para mostrar la disposición de las series estratigráficas. Los horizontes de un suelo o de las diferentes unidades de un relieve.

**PERFIL DEL SUELO:** Capas que constituyen un suelo, también llamadas horizontes, difieren unas de otras en forma más o menos notables por sus propiedades como color, textura, estructura y características físicas y químicas especialmente.

**PLANTA DE TRATAMIENTO:** Estructura construida para tratar el agua residual antes de ser descargada al vertedero.

**RECICLAJE:** Es el procedimiento por el cual, los desechos sólidos se separan, recogen, clasifican y almacenan para finalmente reutilizarlos como materia prima en un proceso productivo.

**RESIDUO SÓLIDO:** Se entiende por residuo sólido, todo objeto, o elemento en estado sólido, que se abandona, desecha o rechaza.

**REMOCIÓN:** Desplazamiento de un volumen apreciable de terreno. Los movimientos en masa se consideran generalmente como fenómenos erosivos.

**RETENCIÓN:** Separación de un animal o cualesquiera de sus partes para su posterior examen y decisión con respecto a las causas que motivaron su procedimiento.

**SACRIFICIO:** El beneficio de un animal mediante procedimientos higiénicos, oficialmente considerado apto para consumo humano.

**SEDIMENTACIÓN:** Proceso de separación o depósito de los sólidos que se encuentran en una masa de agua, por acción de la gravedad.

**SÉPTICO:** Que produce putrefacción. Que contiene gérmenes patógenos.

**SÓLIDOS DISUELTOS:** Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración.

**SÓLIDOS SEDIMENTABLES:** Aquellos sólidos suspendidos en las aguas residuales que se depositan después de un cierto periodo de tiempo.

**SÓLIDOS SUSPENDIDOS:** Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.

**SÓLIDOS TOTALES:** Todos los sólidos en el agua residual o aguas de deshecho, incluyendo sólidos suspendidos y sólidos filtrables.

**TAMIZ:** Cedazo utilizado para la separación y clasificación de trazas de suelo o grava o cualquier material sólido en partículas.

**VERTEDERO:** Conducto o aliviadero de descarga de una presa, canal o similar para dar salida al agua, evitando su desbordamiento, cuando alcanza una altura excesiva.

**ZONA INTERMEDIA DE UN MATADERO:** Área de la sala de sacrificio desde donde se realizan las operaciones posteriores a la sangría, hasta aquellas, que incluyen su eviscerado.

**ZONA LIMPIA DE UN MATADERO:** Área de la sala de sacrificio en donde se realizan las operaciones posteriores al eviscerado de los animales, hasta la salida de las carnes de dicha sala.

**ZONA SUCIA DE UN MATADERO:** Área de la sala de sacrificio en donde se lleva a cabo la conmoción, volteo, suspensión y sangría de los animales.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional del municipio de Granada-Meta, se traduce indiscutiblemente en la creciente demanda de alimentos; este asunto debe ir de la mano de una oferta eficiente, oportuna y desde luego, apta desde el punto de vista sanitario. En la actualidad, Granada tiene en funcionamiento la Planta de Sacrificio de ganado bovino, la cual es antigua y por sus condiciones de obsolescencia y de deficiencia técnica, ambiental y sanitaria, genera impactos negativos al ambiente máxime al recurso hídrico toda vez que se generan vertimientos que producen alteración de las características físicas y químicas de la corriente de agua receptora, asimismo se producen olores ofensivos para la comunidad que habita en los alrededores de la Planta de Sacrificio, partiendo de que la planta queda ubicada en una zona de expansión urbana.

Es así que mediante éste estudio se realizó un diagnóstico del consumo de agua en cada una de las etapas productivas llevadas a cabo en la Planta de Sacrificio, evaluar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, formular acciones para disminuir el consumo de agua en el proceso productivo y proponer un nuevo diseño para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Ahora bien, ante el impacto ambiental negativo que está causando el vertimiento de aguas residuales provenientes de la Planta de Sacrificio y comoquiera que la administración de la planta no cuenta con información técnica alguna que permita orientar los estudios ambientales que debe soportar ese tipo de industria; en éste estudio se realizó una revisión al respecto para que la Planta de Sacrificio cuente con una línea base que sirva de punto de partida para corregir posibles vacíos de información y de estudios técnicos en términos de su responsabilidad ambiental.

## 1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE GRANADA - META

Granada se encuentra ubicada a 87 Km de Villavicencio, su ubicación geográfica es 3° 32' 19" de latitud norte y 73° 42' 02" de longitud oeste y una altura de 332 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con un área total de 365 Km<sup>2</sup>.

El municipio presenta como divisiones administrativas tradicionales, el sector urbano, determinado por el perímetro urbano, el cual está conformado por 31 barrios y el área rural conformada a su vez por 5 centros poblados y 26 veredas.

A finales de la década de los treinta, del siglo pasado, una familia campesina, atravesó a lomo de mula la cordillera oriental, pasó por lo que hoy son los municipios de Uribe, Mesetas, San Juan de Arama y se asentaron a orillas del río Ariari, en lo que más tarde sería llamado Boquemonte. Estos aventureros visionarios, provenientes del Departamento del Tolima sembraron la semilla que se convirtió en el actual municipio de Granada. Los esposos Nieves y Rosendo Viatela son considerados como los primeros pobladores de estas tierras, entre otros, realizaron las primeras construcciones del caserío, insignes colonos que abrieron la brecha para que, la población en Granada, disfrute y contribuya a hacer realidad la visión de esos hombres y mujeres que con mucho tesón y voluntad forjaron este municipio.

Desde que Boquemonte comenzó a ser denominado municipio de Granada y reconocido en la región como la capital del Ariari, se posicionó como punto estratégico de la región y paso obligado para el abastecimiento de más de ocho municipios del Meta, así como parte del corredor interdepartamental con el departamento del Guaviare; a raíz de eso, la población y el comercio en Granada ha venido creciendo de manera vertiginosa, lo cual implica una mayor extracción y utilización de los recursos naturales renovables.

La región del Ariari, con Granada como municipio más importante experimento su proceso de ocupación con el desplazamiento poblacional proveniente del altiplano cundiboyacense y el Sumapaz a mediados del siglo pasado, y se acentuó entre 1950 y 1970 con migraciones hacia el alto Ariari, conformado por los municipios de Cubarral, Granada, El Castillo, Medellín del Ariari, Fuente de Oro y Lejanías.

La persecución de la guerrilla en el Tolima y Huila originó también un desplazamiento de civiles hacia esta región, disminuyendo su base social, con lo que se generó un incremento del proceso de colonización fruto del conflicto armado.

**Fotografía 1.** Escenario central del municipio



Fuente. Los autores

El municipio de Granada (Meta), desde tiempos de la colonización de sus tierras, en momentos donde se destacaba la extracción maderera hacia el centro del país, fue en primera instancia habitada por personas oriundas del departamento del Tolima, quienes se apropiaron de terrenos baldíos en el siglo XIX, éstos procesos de ocupación se dieron bajo el amparo de las diferentes reformas agrarias que han implementado diferentes gobiernos. Es así como se apropiaron de grandes

áreas en el pie de monte llanero, de lo que anteriormente se denominada Boquemonte y desde el año 1956 municipio de Granada-Meta.

La apropiación de terrenos desde las épocas de la colonización, con fines de explotación maderera, ha sido ambigua, en el sentido que no se tenía un conocimiento claro de límites, áreas y demás, lo cual originó un desequilibrio administrativo por parte de los gobiernos municipales, redundando en la adjudicación de tierras de manera caprichosa y algo confusa; sumado a eso, la presión generada por grupos violentos en el área significó la titulación, algo confusa de las tierras por el liquidado INCORA.

Granada es un municipio donde predominan las pequeñas y medianas propiedades, presentándose de manera ocasional propiedades grandes; donde la constante que caracteriza la propiedad es la individual, validada a través de la titulación y/o adjudicación de baldíos.

Según las proyecciones del DANE para el año 2012 el municipio de Granada tendría una población de 58.530 habitantes, es decir, su densidad poblacional sería de 160 habitantes por kilómetro cuadrado, convirtiéndolo en el municipio del departamento del Meta con mayor densidad poblacional; ello conlleva a pensar indiscutiblemente en una mayor demanda de bienes y servicios y por ende mayor presión sobre los ecosistemas y los recursos naturales renovables.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que Granada basa su economía en el sector primario, es decir, en el sector agropecuario. En la actualidad, se encuentran en funcionamiento dos industrias propiamente dichas establecidas en su jurisdicción; estas son: una Planta Extractora de aceite de palma y la Planta de Sacrificio de Ganado Bovino. La primera ubicada en el sector rural y la segunda asentada en un área de expansión urbana.

## **2. ANTECEDENTES PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO “EL CIMARRÓN”**

A fin de abordar uno de los objetivos del presente estudio, se hizo necesario realizar una revisión de información secundaria, específicamente en lo que respecta a permisos y/o autorizaciones de índole ambiental para la operación legal de la Planta de Sacrificio de ganado bovino “El Cimarrón”. Siendo así se programaron y realizaron cuatro visitas a la administración de esa planta con el objetivo de verificar en los archivos cualquier tipo de información asociada a trámites o permisos ante autoridades ambientales. Sin embargo y a pesar de la buena voluntad para atendernos por parte del administrador de la Planta señor Erley Torres González, en los archivos y papeles no se encontró ningún documento relacionado con algún tipo de trámite ante Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de la Macarena CORMACARENA y/o estudios ambiental y/o permisos ambientales. A pesar de ello el administrador aduce que están al día con los trámites ante Cormacarena, pero los desconoce, lo único que informó de manera contundente fue que en el mes de febrero de 2012 se celebró una reunión entre el señor Alcalde del municipio quien hace parte de la junta directiva de la Corporación Ambiental, directivos de la autoridad ambiental y el administrador de la Planta a fin de llegar a acuerdos para evitar que la Corporación cierre la Planta de Sacrificio.

Fue así que se realizaron visitas a la sede de la Corporación en el municipio de Granada, a la Administración Municipal de Granada y a la Empresa de Servicios Públicos de Granada pero en ninguna de las anteriores entidades reposa información relacionada con la Planta de Sacrificio. Ante la dificultad de recopilar información, se optó por realizar esa gestión directamente en la sede central de Cormacarena en la ciudad de Villavicencio, allí se logró consultar lo siguiente:

En el mes de marzo de 1998, el director de la UMATA radicó en CORPORINOQUIA el documento: “Manejo Ambiental y diseño del Sistema de Tratamiento de Agua Residual del Matadero de Granada”.

En el mes de noviembre de 1998, mediante auto se notifica a la Administración Municipal de Granada, que el documento presentado por el director de la UMATA no reúne los requisitos previstos en la legislación vigente y en consecuencia se remiten los términos de referencia para el Estudio de Impacto Ambiental del Matadero Municipal.

Mediante Resolución 580 noviembre de 1999 por CORPORINOQUIA se otorga Licencia Ambiental para la Construcción del nuevo Matadero Municipal de Granada.

En el mes de junio de 2003 se da seguimiento y control a las actividades de construcción del nuevo matadero, donde se solicita al municipio que agilice los trámites pertinentes para el otorgamiento de los permisos e igualmente el municipio debe al llegar el certificado de uso del suelo de conformidad con el Plan Básico de Ordenamiento Territorial.

Mediante auto N° 130 05 03 22 21 de agosto de 2003 CORPORINOQUIA remite por competencia a CORMACARENA el expediente N° 97-0 876.

Mediante auto N° 098 del mes de julio de 2004 se avoca conocimiento del proceso de licenciamiento ambiental del matadero de Granada.

Mediante auto G 2 05 121 de 2005 se declara reunida la información para que el despacho del Director General entre a proferir resolución de fondo para la Concesión de aguas subterráneas, permiso de vertimientos y de emisiones atmosféricas para el funcionamiento y operación del matadero municipal.

El 13 de julio de 2005 CORMACARENA expide resolución N° 2605 584, se otorga concesión de aguas, se tramita permiso de vertimientos y se hacen requerimientos respecto al permiso de emisiones atmosféricas a favor del municipio de Granada para el funcionamiento y operación del matadero municipal.

Mediante oficio del 9 de agosto de 2005 la Alcaldía Municipal de Granada, solicita a CORMACARENA la extensión del plazo para cumplir con los requerimientos del artículo vigésimo y el artículo décimo primero.

## **2.1 GENERALIDADES**

La Planta de Sacrificio está situada en el barrio Simón Bolívar, en la margen derecha del caño Sibao, a una distancia aproximada de 80 mts de donde se realiza la descarga final de las aguas provenientes del sistema de tratamiento.

En el sector nororiental de la Planta de Sacrificio a 10 metros se encuentran unidades habitacionales las cuales son afectadas por los olores que emanan principalmente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR.

**Fotografía 2.** Punto de vertimiento de las aguas residuales de la Planta de Sacrificio.



**Fuente.** Los Autores

Ahora bien, teniendo en cuenta la política nacional de Planes de Racionalización de Plantas de Beneficio Animal; el municipio de Granada fue seleccionado para implementar el Plan de Racionalización Departamental, el cual, conlleva a la construcción de una nueva instalación que prestará el servicio de sacrificio y faenado de ganado bovino a los municipios de la región del Ariari. Sin embargo, se resalta que la actual Administración Municipal de Granada no proyecta realizar inversiones o gestión para cumplir con el Plan de Racionalización, ello se observa en el nuevo Plan de Desarrollo Municipal y en el concepto expuesto por la Secretaría de Agricultura Municipal.

Lo anterior se puede llegar a ser bien sea en una fortaleza o en una debilidad para la región, toda vez que los municipios circunvecinos tienen sus expectativas puestas en la construcción y operación del Frigorífico Regional.

### **3. IDENTIFICACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACTIVIDADES DE SACRIFICIO Y FAENADO EN LA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO “EL CIMARRON” DE GRANADA - META**

Como punto de partida para realizar el “Diagnóstico del uso del agua, formulación y diseño de acciones para ser eficientes en el uso y vertimiento del recurso hídrico en la planta de sacrificio de ganado bovino “El Cimarrón” municipio de Granada – Meta”; se requiere identificar y describir todas las actividades que se derivan del proceso productivo.

Es así que el equipo de trabajo gestionó los debidos permisos para realizar visitas técnicas de inspección a la Planta durante el desarrollo del proceso productivo. Éste se realiza en horas nocturnas a partir de las 7:00 pm, sin embargo, el proceso como tal comienza con la recepción de ganado a partir de las 12 del medio día.

Ahora bien, el matadero municipal dispone de las siguientes áreas:

- ✓ Área de protección sanitaria: tiene por objeto separar convenientemente las instalaciones del matadero del entorno, es decir, de otras instalaciones circunvecinas o aledañas. Ésta pavimentada, asfaltada y empradizada.
- ✓ Cerco perimetral: este cerco debe ser construido en ladrillo, bloque, malla fuerte o cualquier otro material que impida el acceso de personas o animales ajenos al establecimiento. Su altura mínima será de dos (2) metros y sus puertas permanecerán cerradas con el objeto de que pueda efectuarse un adecuado control. En la parte posterior de la planta no existe cerco perimetral con las características mencionadas; se tiene una cerca de alambre de púa, presenta deterioro y es de fácil acceso para personas ajenas a la planta.

- ✓ Vía de acceso, zona de cargue y descargue: están pavimentados, tienen declives adecuados y disponen de drenaje suficiente.
- ✓ Corrales de llegada: esta área tiene sus respectivas mangas de conducción.
- ✓ Corrales de sacrificio: están destinados a ubicar los animales aptos para tal fin por la autoridad sanitaria.
- ✓ Sala de sacrificio.
- ✓ Red aérea para el sacrificio y faenado de los animales.
- ✓ Área para proceso de vísceras blancas.
- ✓ Área para cabezas y patas.
- ✓ Área para almacenamiento de pieles.
- ✓ Estercolero.
- ✓ Sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.
- ✓ Tanques para reserva de agua potable.
- ✓ Oficina administrativa y de inspección.
- ✓ Unidad sanitaria y vestidero.
- ✓ Tanque de reserva de agua.

La planta de beneficio o sacrificio de ganado bovino, comúnmente denominada matadero, donde se sacrifica y beneficia el animal, cuenta con el siguiente programa de operación:

- Recepción de animales: consiste en el sitio en el cual se hace el paso de los animales del camión a los respectivos corrales para su alojamiento. Esta operación se efectúa por medio de una rampa de desembarco con la ayuda de un tábano eléctrico.
- Conducción: se trata del desplazamiento a que es sometido el animal por las mangas hasta los corrales.
- Inspección ante-mortem: es la inspección sanitaria que se efectúa sobre el animal vivo con el fin de detectar la presencia de enfermedades y por consiguiente, permitir la separación de los animales sanos de los enfermos.

- Reposo: el animal permanece un tiempo considerable en su respectivo corral con el fin de proporcionarle descanso digestivo y corporal. Esta práctica contribuye al mejoramiento de las características higiénicas, nutricionales y de aceptabilidad de las carnes. Durante este período solamente se permite el consumo de agua potable a la res.
- Baño externo o baño en pie: transcurrido el período de reposo, los animales pasan a una manga de conducción donde son duchados mediante chorros de agua fría. Para el matadero municipal de Granada se emplean mangueras que dirigen el agua a presión por toda la superficie del animal. El uso de agua fría a presión permite limpiar las suciedades de la piel, posibilita que la sangre se concentre en los grandes vasos sanguíneos produciendo una sangría adecuada, lo cual favorece la conservación de la carne y su color será más atractivo.
- Rampa de conducción: una vez bañado externamente el bovino, se conduce hasta la caja de insensibilización.
- Insensibilización: mediante esta práctica se ocasiona la pérdida del conocimiento de los animales antes de ser desangrados. Se localiza al animal en la caja de insensibilización, la cual se comunica con el exterior de la sala de sacrificio por medio de la rampa de conducción al sacrificio. Mediante descabellado o apuntillado, el cual consiste en clavar una puntilla en la parte anterior de la nuca al nivel de la unión de la cabeza con el cuello (articulación atlanto-occipital) seccionando la médula oblonga. Efectuada la insensibilización se libera la puerta lateral giratoria del cajón de insensibilización para permitir que el animal se desplace hacia el área de caída.
- Izado: cuando aún se encuentra el animal en el suelo, se coloca un grillete en la pata izquierda y se eleva el conjunto (grillete-animal) con la ayuda de un polipasto hasta enganchar el grillete a un riel denominado de sangría.
- Sangría: se practica mediante un corte que se hace inmediatamente por detrás de la mandíbula inferior, seccionando los vasos sanguíneos a nivel de cuello, se denomina Sangría Alta (este procedimiento disminuye el deterioro de la

piel). La sangre es dispuesta directamente al piso, la cual se conduce por un sistema de tubería subterráneo a una caja de inspección dentro de la cual se coloca un recipiente para su recolección. La caja de inspección se encuentra ubicada fuera de la infraestructura de sacrificio y faenado.

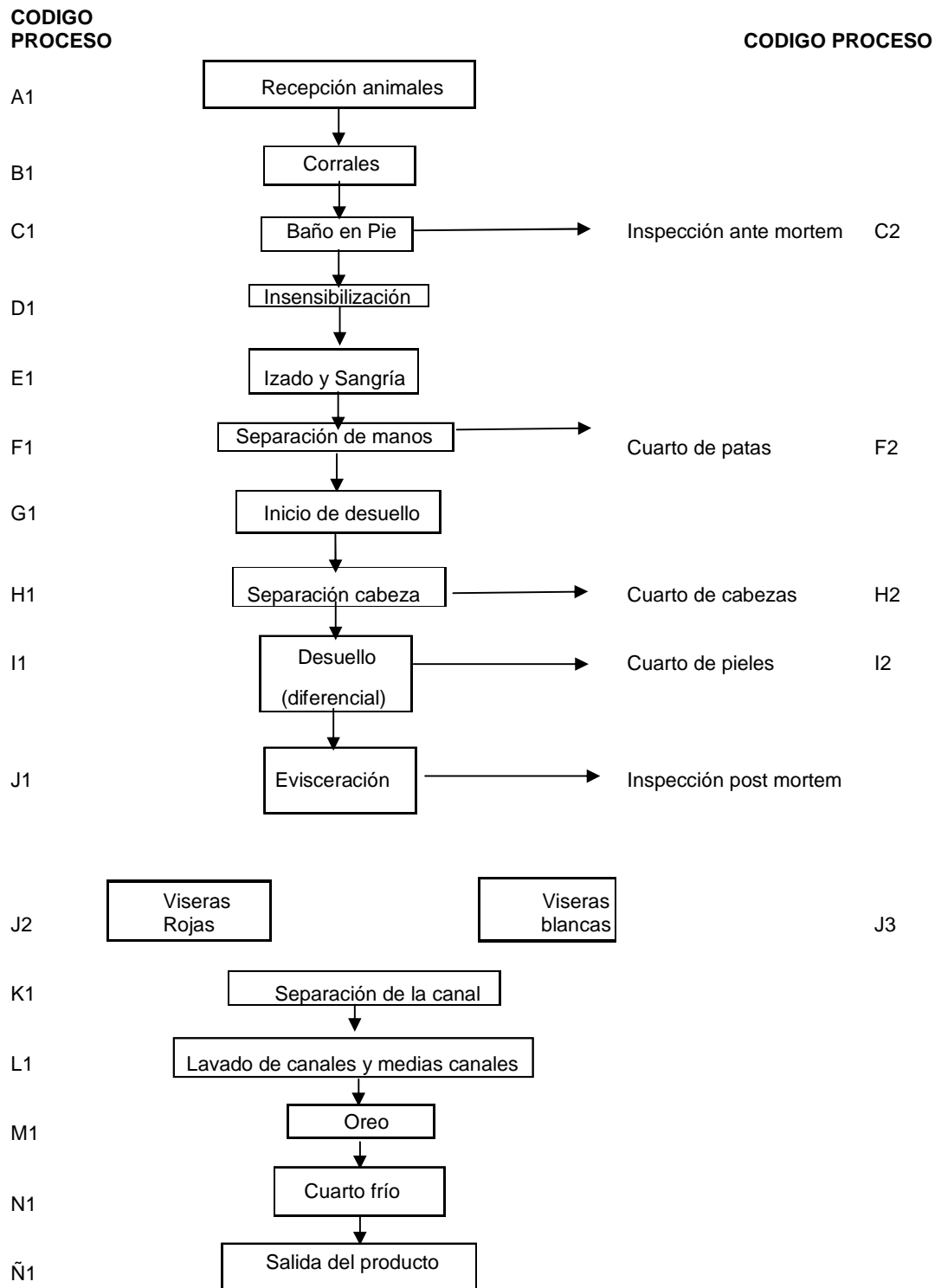
- Separación de las manos: una vez terminada la sangría se efectúa la separación de las manos, procedimiento que se realiza con la ayuda de un cuchillo.
- Inicio del desuello: Una vez separadas las manos, se inicia el desuello, lo cual corresponde a la separación de la piel a partir del cuello, el esternón y el vientre.
- Separación de la cabeza: el paso siguiente es la separación de la cabeza. Previamente se han retirado las orejas, con la ayuda de un cuchillo y los cuernos mediante un hacha. Las diferentes partes que son consideradas como subproductos, cabeza y patas van al área destinada a este propósito, para fines de lavado y para hacerles la correspondiente inspección sanitaria.
- Transferencia: consiste en pasar el animal desde el riel de sangría hasta el riel de trabajo.
- Desuello: con un cuchillo especial se desprende la piel que se encuentra adherida a lo largo de la región ventral y dorsal. Finalmente se retira la piel con la ayuda de un diferencial.
- Corte del esternón: para este efecto, con un cuchillo se hace una incisión en la línea blanda del pecho y se introduce una sierra eléctrica con la cual se hace el corte.
- Evisceración: Consiste en separar los órganos genitales y las vísceras blancas y rojas:
  - ✓ Separación de las vísceras blancas: se efectúa practicando una incisión en la línea media ventral; se extraen las vísceras en su totalidad junto con los órganos genitales. Una vez retirada las vísceras se conducen al área de lavado, preparación y almacenamiento de vísceras. La lavadora es en lámina

galvanizada. El dispositivo en forma de sombrilla permite lavar las panzas con la mano. Después que las panzas son abiertas, vaciadas y lavadas se escaldan. Posteriormente se esparcen sobre el cono con la parte interior hacia fuera y se limpian con la ayuda de un cuchillo y agua a presión. Además de la panza y los otros estómagos, dentro de las vísceras blancas se incluyen el intestino grueso y el intestino delgado.

✓ Separación de las vísceras rojas: en esta operación se retira el conjunto de órganos conformado por hígado, corazón, bazo, pulmones, tráquea y el esófago. Estas vísceras se trasladan al área de vísceras rojas, donde se inspeccionan, lavan y almacenan.





- División de la canal: separadas las vísceras, se procede a la división de la canal en dos mitades o medias canales por el centro de la columna vertebral. Esta labor se efectúa con una sierra eléctrica, dividida completamente la canal, se retira la médula espinal en forma manual y se practica un movimiento del antebrazo de arriba hacia abajo para posibilitar la salida de los coágulos que normalmente se depositan en los grandes vasos sanguíneos.
- Lavado de las medias canales: se practica mediante agua limpia a presión que permiten retirar las suciedades que hayan podido impregnar la canal durante el proceso de faenado.
- Refrigeración: finalmente se hace la inspección sanitaria de las medias canales y una vez aprobadas, se movilizan hacia la cámara de enfriamiento.
- Salida y transporte de la carne.





**Figura 1.** Flujograma de actividades sacrificio y faenado






**Fuente.** Los autores





**Tabla 1.** Proceso de sacrificio y faenado

ENTRADAS AL PROCESO	PROCESO	SALIDAS DEL PROCESO
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación corrales</li> <li>- Ganado</li> <li>- Agua para bebederos</li> </ul>	<p style="text-align: center;">A1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estiércol</li> <li>- Ganado</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación corrales</li> <li>- Agua para bebederos</li> <li>- Agua para baño de ganado</li> <li>- Ganado.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">B1 y C1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estiércol</li> <li>- Agua residual con estiércol</li> <li>- Ganado</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Ganado</li> </ul>	<p style="text-align: center;">D1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reses insensibilizadas</li> <li>- Estiércol</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Reses insensibilizadas</li> <li>- Energía eléctrica para el polipasto.</li> <li>- Agua para lavado</li> </ul>	<p style="text-align: center;">E1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Res izada y degollada</li> <li>- Sangre</li> <li>- Agua sangre</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Grasas para lubricación rieles</li> <li>- Agua para lavado</li> </ul>	<p style="text-align: center;">F1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Patas y manos</li> <li>- Agua sangre</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Agua para lavado</li> <li>- Patas y manos de las reses</li> <li>- Agua caliente para lavado, pelado y, ablandamiento de cascós</li> </ul>	<p style="text-align: center;">F2</p>  	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua residual caliente</li> <li>- Agua sangre</li> <li>- Residuos de pelos de las patas y manos</li> <li>- Cascós para venta artesanal</li> <li>- Carne para consumo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Agua para lavado</li> <li>- Res izada</li> <li>- Grasa para lubricación rieles</li> </ul>	<p style="text-align: center;">G1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua sangre</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Res izada</li> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Agua para lavado</li> </ul>	<p>H1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua sangre</li> <li>- Cabezas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Agua caliente</li> <li>- Cabezas</li> <li>- Agua para lavado</li> </ul>	<p>H2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Residuos de pelos</li> <li>- Cachos para venta artesanal</li> <li>- Agua sangre</li> <li>- Agua residual caliente</li> <li>- Carne para consumo humano</li> <li>- Cabezas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Agua para lavado</li> <li>- Res izada</li> <li>- Energía eléctrica para la diferencial de desuello</li> </ul>	<p>I1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua Sangre</li> <li>- Pieles</li> <li>- Res sin piel (carne)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pieles</li> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Agua para lavado</li> <li>- Sal para salado de pieles</li> </ul>	<p>I2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua sangre</li> <li>- Lixiviados</li> <li>- Pieles para la venta</li> </ul>

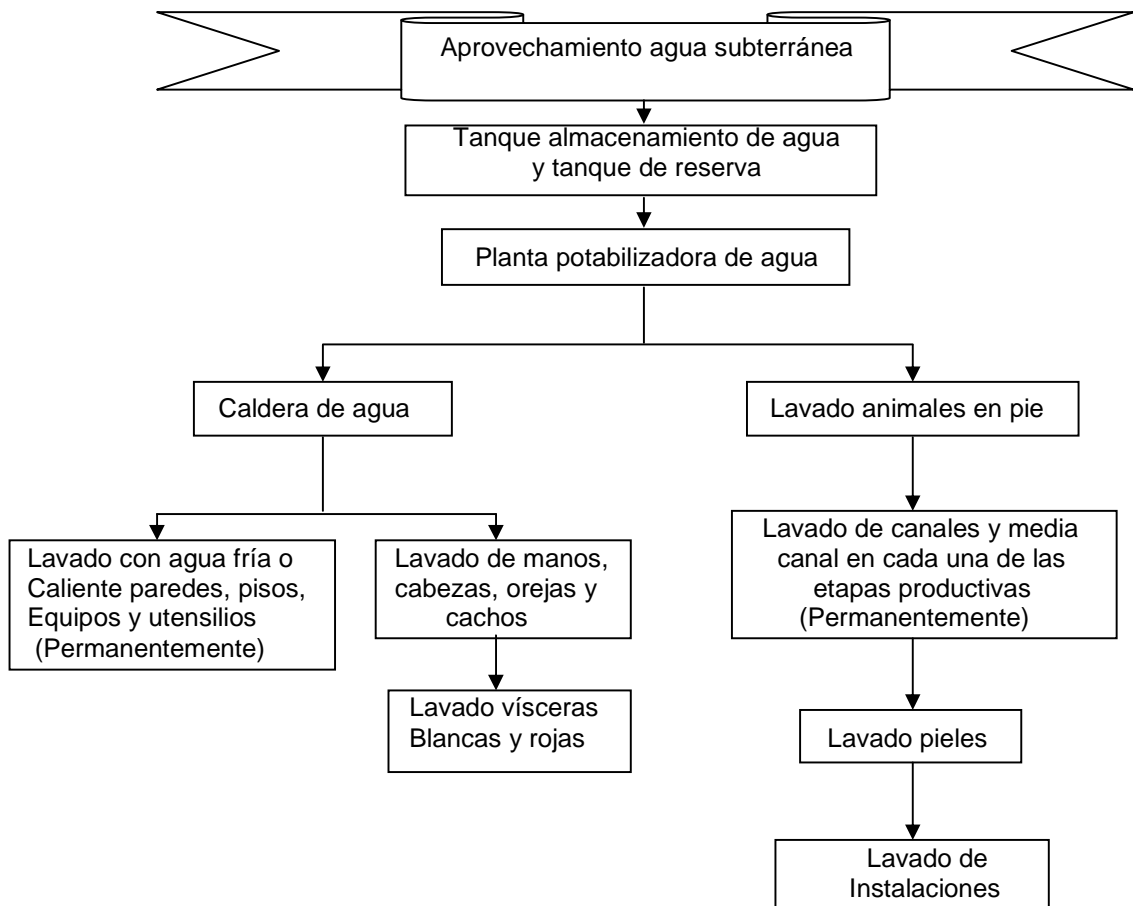
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación.</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra).</li> <li>- Agua para lavado.</li> <li>- Res izada.</li> <li>- Energía eléctrica para sierras.</li> </ul>	<p>J1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua sangre.</li> <li>- Viseras rojas y blancas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Agua para lavado</li> <li>- Viseras rojas</li> <li>- Agua caliente</li> </ul>	<p>J2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua sangre</li> <li>- Agua caliente</li> <li>- Productos para consumo humano: hígado, corazón, pulmones y pajarilla.</li> <li>- Residuos orgánicos peligrosos (vesícula hiel)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Agua para lavado</li> <li>- Agua caliente</li> <li>- Vísceras blancas</li> </ul>	<p>J3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos para consumo Humano: panza, bonete, librillo, cuajar, intestinos</li> <li>- Rumen</li> <li>- Agua sangre</li> <li>- Agua residual caliente</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> <li>- Agua para lavado</li> <li>- Energía eléctrica para sierra</li> <li>- Carne canal</li> </ul>	<p>K1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua sangre.</li> <li>- Carne en medias canales.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carne en canales y medias canales</li> <li>- Agua para lavado</li> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> </ul>	<p>L1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua sangre</li> <li>- Carne canales y medias canales</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carne en canales y medias canales</li> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> </ul>	<p>M1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carne en canales y medias canales</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía eléctrica para refrigeración</li> <li>- Refrigerante</li> <li>- Canales y medias canales</li> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> </ul>	<p>N1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canales y medias canales</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canales y medias canales</li> <li>- Energía eléctrica para iluminación</li> <li>- Fuerza mecánica (mano de obra)</li> </ul>	<p>N1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canales y medias canales para consumo humano en vehículos tercerizados</li> </ul>
<p>Fuente. Los autores</p>		

#### 4. DIAGNÓSTICO DE LA CANTIDAD DE AGUA UTILIZADA EN CADA UNA DE LAS ACTIVIDADES DE SACRIFICIO Y FAENADO

A fin de realizar el diagnóstico de la cantidad de agua utilizada en cada uno de los procesos de sacrificio y faenado, se identificó y formuló un flujograma de los usos del agua en el proceso productivo.

**Figura 2.** Flujograma usos del agua



**Fuente.** Los autores

A continuación se afora la cantidad de agua utilizada en cada una de las etapas productivas del proceso de sacrificio y faenado realizado en la Planta “El Cimarrón”.

El trabajo de aforo en cada una de las etapas productivas, fue dispendioso, toda vez que la metodología de trabajo así lo exige ante la inexistencia de equipos que en cada uno de los puntos hidráulicos de salida de agua permitan conocer el caudal utilizado durante una jornada de sacrificio.

Es así que la metodología consistió en la siguiente: en un solo día de trabajo de mediciones se abordaron únicamente dos áreas de producción (en razón al personal disponible para realizar las mediciones, es decir, los autores del presente documento); en cada punto hidráulico se tomo un recipiente de 20 litros, se llenó con el agua que sale del punto hidráulico (abriendo la llave al tope, en la mayoría de los puntos existe un dispositivo que permite salir un caudal uniforme), y se midió el tiempo que duró en llenarse el recipiente, de esa forma se obtiene la medida de caudal (lts/seg). Posteriormente, en cada punto hidráulico de cada área de producción durante una jornada completa de producción se hizo un estudio de tiempos y movimientos, el cual consistió en hacer seguimiento a los operarios del área a fin de medir con un cronómetro el tiempo que duraba abierto el punto hidráulico, es decir, un punto hidráulico se abre varias veces durante una jornada de trabajo, cada vez que se abría se medía el tiempo y al finalizar la jornada se realiza la sumatoria de los tiempos que duró abierto el punto hidráulico. Con esa información se desarrolla la operación matemática que nos permite conocer con un alto grado de confiabilidad el volumen de agua utilizado en cada área y/o punto hidráulico.

A continuación se analiza cada área de producción en la que se utiliza el recurso hídrico y se exponen los resultados obtenidos del aforo realizado en cada sitio.

1. Aprovechamiento de agua subterránea.

**Fotografía 3.** Pozo subterráneo



**Fuente.** Los autores

El agua se extrae de un pozo subterráneo o aljibe, mediante una motobomba de 2" que funciona con mixtura.

Para la utilización del recurso hídrico la planta cuenta con concesión de aguas subterráneas para un caudal de captación de 0,4 lts/seg,

2. Almacenamiento de agua en tanques

**Fotografía 4.** Tanque de almacenamiento de agua



**Fuente.** Los autores

El agua extraída del pozo subterráneo es conducida y almacenada en dos tanques y llevada a un sistema de filtros para su distribución dentro de la planta.

Cada uno de los tanques tiene una capacidad de almacenar un volumen de  $9 \text{ m}^3$ , es decir, entre ambos almacenan  $18 \text{ m}^3$  de agua.

### 3. Planta potabilizadora de agua

**Fotografía 5.** Planta potabilizadora de agua



**Fuente.** Los autores

El agua es conducida por tubos de PVC de los tanques de almacenamiento a la planta de potabilizadora y de ahí es distribuida una parte a la caldera y otra al sistema hidráulico que transporta el agua a las áreas donde se desarrolla cada uno de los procesos productivos.

### 4. Proceso A1- Recepción de animales

**Fotografía 6.** Recepción de animales



**Fuente.** Los autores

Durante el desarrollo del proceso A1 no hay utilización alguna del recurso hídrico.

#### 5. Proceso B1 Ganado bovino en los corrales

**Fotografía 7.** Ganado en los corrales



Fuente. Los autores

En el proceso B1, se utiliza agua para llenar los bebederos del ganado bovino que se dispone en los corrales. Durante una jornada de trabajo se disponen en los bebederos 200 lts de agua.

#### 6. Proceso C1. Baño de ganado en pie y lavado de corrales

**Fotografía 8.** Lavado de corrales y de ganado



Fuente. Los autores

Los operarios encargados de realizar ésta etapa del proceso, realizan entre 5 y 7 veces lavado de los corrales, lo cual implica un uso desmesurado del recurso hídrico.

Como resultado del estudio de tiempos en los que se utilizaron las mangueras para hacer lavado de animales en pie y lavado de corrales se tienen los siguientes datos:

Tiempo total en el que se utilizaron las mangueras fue de 95 minutos en el lavado de animales en pie más 210 minutos en el lavado de corrales, lo que equivale a 305 minutos, representado en segundos serían 18300.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 96 segundos

$$Q = \frac{V (lts)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lts}{96 seg}$$

$$Q = 0,208 lts/seg$$

Ahora bien, para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,208 lts/seg$$

$$T_{Total} = 18300 seg$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,208 \frac{lbs}{seg} * 18300 seg$$

$$V = 3806,4 lbs$$

## 7. Proceso D1 Insensibilización

**Fotografía 9.** Insensibilización



**Fuente.** Los autores

Para el proceso de insensibilización no se requiere la utilización del recurso hídrico.

## 8. Proceso E1 Izado y sangría

**Fotografía 10.** Izado y sangría



**Fuente.** Los autores

Durante ésta actividad se hace el degüello de la res, una vez izada. En ese degüello la sangre cae directamente al piso el cual tiene un desnivel en forma cónica para que la sangre circule hasta un sifón y de ahí, por gravedad, es trasportada por tubos subterráneos hasta una caja de inspección en la que se recolecta la sangre por medio de recipientes plásticos.

En el momento de la sangría la res es salpicada de sangre lo mismo que el suelo y las paredes; es así que los operarios están constantemente lavándolos. Al momento de lavarlos, le colocan un tapón al sifón por donde se recoge la sangre y se habilita otro que conecta con la planta de tratamiento de aguas residuales.

Como resultado del estudio de tiempos en los que se utilizaron las mangueras para hacer lavado de paredes, suelo, la res izada, utensilios y en ocasiones la bata y botas utilizados por los operarios se tienen los siguientes datos:

El tiempo total en el que se utilizaron las mangueras fue de 220 minutos, que equivalen a 13200 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 129 segundos

$$Q = \frac{V (lts)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lts}{129 seg}$$

$$Q = 0,155 lts/seg$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,155 \text{ lts/seg}$$

$$T_{Total} = 13200 \text{ seg}$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,155 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} * 13200 \text{ seg}$$

$$V = 2046 \text{ lts}$$

#### 9. Proceso F1 Separación de manos

**Fotografía 11.** Separación de manos



**Fuente.** Los autores

Las patas y manos de la res son separadas del cuerpo mediante la utilización de un hacha; y estas se transportan mediante una canal a un cuarto conexo: cuarto de patas, en el que se utiliza agua caliente.

Durante la separación de las patas y manos se utiliza agua para el lavado de la res, de las patas y manos y de la herramienta.

El tiempo total en el que se utilizaron las mangueras fue de 75 minutos, que equivalen a 4500 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 109 segundos

$$Q = \frac{V \text{ (lts)}}{t \text{ (seg)}}$$

$$Q = \frac{20 \text{ lts}}{109 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,1834 \text{ lts/seg}$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,1834 \text{ lts/seg}$$

$$T_{Total} = 4500 \text{ seg}$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,1834 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} * 4500 \text{ seg}$$

$$V = 825,3 \text{ lts}$$

10. Proceso G1 Inicio de desuello

**Fotografía 12. Inicio de desuellos**



**Fuente.** Los autores

Durante la actividad de inicio de desuello, se utiliza agua, la cual es suministrada del mismo punto hidráulico que la actividad F1.

El tiempo total en el que se utilizaron las mangueras fue de 60 minutos, que equivalen a 3600 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 109 segundos

$$Q = \frac{V (lts)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lts}{109 seg}$$

$$Q = 0,1834 lts/seg$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,1834 \text{ lts/seg}$$

$$T_{Total} = 3600 \text{ seg}$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,1834 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} * 3600 \text{ seg}$$

$$V = 660,24 \text{ lts}$$

#### 11. Proceso H1 Separación cabeza

**Fotografía 13.** Separación cabeza



**Fuente.** Los autores

Durante el desarrollo de ésta actividad H1 se utiliza recurso hídrico para lavar paredes, pisos, herramientas, la res, limpieza del operario y de su uniforme y de la cabeza, la cual, es transportada por una canal a un cuarto contiguo denominado cuarto de patas y cabezas.

El tiempo total en el que se utilizaron las mangueras fue de 178 minutos, que equivalen a 10680 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 122 segundos

$$Q = \frac{V (lts)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lts}{122 seg}$$

$$Q = 0,1639 lts/seg$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,1639 lts/seg$$

$$T_{Total} = 10680 seg$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,1639 \frac{lts}{seg} * 10680 seg$$

$$V = 1750,45 lts$$

## 12. Proceso I1 Desuello (Diferencial)

**Fotografía 14.** Desuello (Diferencial)



**Fuente.** Los autores

Durante el desuello se utiliza el recurso hídrico en labores de lavado de la canal, del piso, paredes y de la diferencial.

El tiempo total en el que se utilizaron las mangueras fue de 230 minutos, que equivalen a 13800 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 100 segundos

$$Q = \frac{V (lts)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lts}{100 seg}$$

$$Q = 0,2 lts/seg$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,2 lts/seg$$

$$T_{Total} = 13800 seg$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,2 \frac{lts}{seg} * 13800 seg$$

$$V = 2760 lts$$

### 13. Proceso J1 Evisceración

**Fotografía 15.** Evisceración



**Fuente.** Los autores

Las vísceras blancas y rojas son dispuestas en una lámina inoxidable que las transportan al cuarto de viseras.

El tiempo total en el que se utilizaron las mangueras fue de 252 minutos, que equivalen a 15120 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 110 segundos

$$Q = \frac{V (lts)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lts}{110 seg}$$

$$Q = 0,18 lts/seg$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,18 \text{ lts/seg}$$

$$T_{Total} = 15120 \text{ seg}$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,18 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} * 15120 \text{ seg}$$

$$V = 2721,6 \text{ lts}$$

#### 14. Proceso K1 Separación de la canal

**Fotografía 16.** Separación de la canal



**Fuente.** Los autores

Para la separación de la canal se utiliza motosierra eléctrica y agua para el lavado de la canal, herramientas, piso y paredes.

El tiempo total en el que se utilizaron las mangueras fue de 208 minutos, que equivale a 12480 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 102 segundos

$$Q = \frac{V (lts)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lts}{102 seg}$$

$$Q = 0,196 lts/seg$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,196 lts/seg$$

$$T_{Total} = 12480 seg$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,196 \frac{lts}{seg} * 12480 seg$$

$$V = 2446,08 lts$$

#### 15. Proceso L1 Lavado de canales y media canales

**Fotografía 17.** Lavado de canales y media canales



**Fuente.** Los autores

El tiempo total en el que se utilizaron las mangueras fue de 220 minutos, que equivalen a 13200 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 112 segundos

$$Q = \frac{V (lts)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lts}{112 seg}$$

$$Q = 0,178 lts/seg$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,178 lts/seg$$

$$T_{Total} = 13200 seg$$

$$V = Q * t - V = 0,178 \frac{lts}{seg} * 13200 seg - V = 2349,6 lts$$

16. Proceso M1, N1 y Ñ1. Oreo, Cuarto Frío y Salida del producto

**Fotografía 18.** Oreo, cuarto frío y salida del producto



**Fuente.** Los autores

En ninguna de estas actividades se utiliza el recurso hídrico.

#### 17. Proceso F2 Cuarto de Patas

**Fotografía 19.** Caldera y cuarto de patas



**Fuente.** Los autores

Para ésta etapa del proceso productivo se utiliza agua caliente que proviene de la caldera.

El contenedor de agua caliente tiene las siguientes dimensiones efectivas: 1,20 metros X 1 metro X 1 metro; es decir, el volumen de agua caliente que contiene es de  $1,2 \text{ m}^3$ , o lo equivalente a 1200 litros de agua.

Ese contenedor es desocupado, una vez el agua comienza a bajar de temperatura. Durante una jornada de trabajo se llena el contenedor 5 veces.

Volumen de agua utilizada = Cantidad de agua en el contenedor \* N° de veces que se llena el contenedor

$$V = 1200 \text{ lts} * 5$$

$$V = 6000 \text{ lts}$$

## 18. Proceso H2 Cuarto de Cabezas

**Fotografía 20.** Cuarto de cabezas



**Fuente.** Los autores

El tiempo total en el que se utilizaron las mangueras fue de 102 minutos, que equivalen a 6120 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 112 segundos

$$Q = \frac{V \text{ (lts)}}{t \text{ (seg)}}$$

$$Q = \frac{20 \text{ lts}}{112 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,178 \text{ lts/seg}$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,178 \text{ lts/seg}$$

$$T_{Total} = 6120 \text{ seg}$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,178 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} * 6120 \text{ seg}$$

$$V = 1089,36 \text{ lts}$$

#### 19. Proceso I2 Cuarto de Pieles

**Fotografía 21.** Cuarto de pieles



**Fuente.** Los autores

Las pieles se transportan a un cuarto de pieles ubicado en la parte anterior de la Planta de Sacrificio contiguo a la cerca perimetral de púa. Una vez en ese lugar se apilan y se les coloca sal. Los lixiviados generados de este sitio son vertidos a cielo abierto generando contaminación en el sitio.

El cuarto se lava una vez al mes, utilizándose para esa actividad un equipo de lavado cilíndrico con las siguientes dimensiones:

Radio: 0,60 metros

Altura: 1,2 metros

Es así que el volumen de agua que contiene ese cilindro es:

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3,1416 * (0,6 \text{ mts})^2 * 1,2 \text{ mts}$$

$$V = 1,35 \text{ mts}^3 \approx 1,35 \text{ lts}$$

Comoquiera que el lavado del cuarto se realiza cada mes, el volumen diario es:

$$V_{\text{Agua diario}} = \frac{1350 \text{ lts}}{30}$$

$$V_{\text{agua diario}} = 45 \text{ lts}$$

## 20. Proceso J2 Vísceras rojas

**Fotografía 22.** Vísceras rojas



**Fuente.** Los autores

Las vísceras rojas son: hígado, corazón, bazo, pulmones, tráquea y el esófago. Estas vísceras se trasladan al área de vísceras rojas, donde se inspeccionan, lavan y almacenan.

El tiempo total en el que se utilizó el punto hidráulico fue de 290 minutos, que equivale a 17400 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 100 segundos.

$$Q = \frac{V (lts)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lts}{100 seg}$$

$$Q = 0,2 lts/seg$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,2 lts/seg$$

$$T_{Total} = 17400 seg$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,2 \frac{lts}{seg} * 17400 seg$$

$$V = 3480 lts$$

## 21. Proceso J3 Vísceras blancas

**Fotografía 23.** Vísceras blancas



**Fuente.** Los autores

Después que las panzas son abiertas, vaciadas y lavadas, se escaldan. Posteriormente se esparcen sobre el cono con la parte interior hacia fuera y se limpian con la ayuda de un cuchillo y agua a presión. Además de la panza y los otros estómagos, dentro de las vísceras blancas se incluyen, el intestino grueso y el intestino delgado.

El tiempo total en el que se utilizó el punto hidráulico (agua fría) fue de 305 minutos, que equivalen 18300 segundos.

Ahora bien, a fin de averiguar el volumen utilizado en ésta área o etapa productiva se debe conocer el caudal de agua en el recipiente con volumen conocido.

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 100 segundos

$$Q = \frac{V \text{ (lts)}}{t \text{ (seg)}}$$

$$Q = \frac{20 \text{ lts}}{100 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,2 \text{ lts/seg}$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,2 \text{ lts/seg}$$

$$T_{Total} = 18300 \text{ seg}$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0,2 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} * 18300 \text{ seg}$$

$$V_1 = 3660 \text{ lts}$$

Por otro lado, se tiene un contenedor de agua en acero inoxidable para el agua caliente utilizada en el proceso de escaldado de las vísceras blancas.

Volumen del contenedor = 1 metros X 2 metros X 1 metro

Volumen del contenedor = 2 m<sup>3</sup>

Nº de veces que se llena el contenedor con agua caliente = 6 Veces

Volumen de agua utilizada para escaldado = 2 m<sup>3</sup> \* 6

Volumen de agua utilizada para escaldado = 12 m<sup>3</sup>

$$V_2 = 12000 \text{ lts}$$

$$V_{Total} = 3660 \text{ lts} + 12000 \text{ lts}$$

$$V_{Total} = 15660 \text{ lts}$$

## 22. Lavado general de las instalaciones

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 100 segundos

$$Q = \frac{V \text{ (lts)}}{t \text{ (seg)}}$$

$$Q = \frac{20 \text{ lts}}{100 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,2 \text{ lts/seg}$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,2 \text{ lts/seg}$$

$$T_{Total} = 1800 \text{ seg}$$

$$V_3 = Q * t$$

$$V_3 = 0,2 \frac{lbs}{seg} * 1800 seg$$

$$V_3 = 360 lbs$$

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 112 segundos

$$Q = \frac{V (lbs)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lbs}{112 seg}$$

$$Q = 0,178 lbs/seg$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,178 lbs/seg$$

$$T_{Total} = 1800 seg$$

$$V_4 = Q * t$$

$$V_4 = 0,178 \frac{lbs}{seg} * 1800 seg$$

$$V_4 = 320,4 lbs$$

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 102 segundos

$$Q = \frac{V (lbs)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 \text{ lts}}{102 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,196 \text{ lts/seg}$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,196 \text{ lts/seg}$$

$$T_{Total} = 1800 \text{ seg}$$

$$V_5 = Q * t$$

$$V_5 = 0,196 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} * 1800 \text{ seg}$$

$$V_5 = 352,8 \text{ lts}$$

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 110 segundos

$$Q = \frac{V (\text{lts})}{t (\text{seg})}$$

$$Q = \frac{20 \text{ lts}}{110 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,18 \text{ lts/seg}$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,18 \text{ lts/seg}$$

$$T_{Total} = 1800 \text{ seg}$$

$$V_6 = Q * t$$

$$V_6 = 0,18 \frac{lbs}{seg} * 1800 seg$$

$$V_6 = 324 lbs$$

Volumen del recipiente: 20 litros

Tiempo en que demora en llenar el recipiente: 96 segundos

$$Q = \frac{V (lbs)}{t (seg)}$$

$$Q = \frac{20 lbs}{96 seg}$$

$$Q = 0,208 lbs/seg$$

Ahora para obtener el volumen de agua utilizado, se multiplica el caudal por el tiempo total de uso del punto hidráulico,

$$Q = 0,208 lbs/seg$$

$$T_{Total} = 1800 seg$$

$$V_7 = Q * t$$

$$V_7 = 0,208 \frac{lbs}{seg} * 1800 seg$$

$$V_7 = 374,4 lbs$$

$$V_{Total} = V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7$$

$$V_{Total} = 360 lbs + 320,4 lbs + 352,8 lbs + 324 lbs + 374,4 lbs$$

$$V_{Total} = 1731,6 lbs$$

**Tabla 2.** Resumen cantidad de agua utilizada en cada uno de los procesos desarrollados durante el sacrificio y faenado

CODIGO	ACTIVIDAD	VOLUMEN DE AGUA UTILIZADO (lts)
A1	Recepción de animales	0
B1	Ganado en corrales	200
C1	Baño reses en pie y lavado de corrales	3806
D1	Insensibilización	0
E1	Izado y sangría	2046
F1	Separación de manos y patas	825,3
G1	Inicio desuello	660,24
H1	Separación cabeza	1750,45
I1	Desuello (diferencial)	2760
J1	Evisceración	2721,6
K1	Separación de la canal	2446,08
L1	Lavado de canales y media canales	2349,6
M1, N1, Ñ1	Oreo, cuarto frio, salida producto	0
F2	Cuarto patas y manos	6000
H2	Cuarto de cabezas	1089,36
I2	Cuarto de pieles	45
J2	Vísceras rojas	3480
J3	Vísceras blancas	15660
	Lavado instalaciones	1731,6
TOTAL		47571,23
<b>Fuente.</b> Los autores		

Para realizar el muestreo fue necesario realizar 8 visitas a la planta de sacrificio, en promedio se sacrificaron 39 reses diarias.

Entonces la cantidad de agua *per capita* utilizada en el proceso de sacrificio y faenado es:

$$\text{Gasto de agua percapita} = \frac{V_{\text{Total agua utilizada}}}{N^{\circ} \text{ promedio de reses sacrificadas}}$$

$$\text{Gasto de agua percapita} = \frac{47571,23 \text{ lts}}{39 \text{ Reses}}$$

$$\text{Gasto de agua percapita} = 1219,77 \text{ lts/res}$$

Según el Decreto N° 2278/82, artículo 107; en todas las dependencias o secciones técnicas del matadero deberán instalarse grifos con conexión para mangueras. La cantidad de agua disponible, incluyendo la necesaria para el aseo del edificio, no será inferior a:

- 500 a 1000 litros de agua por cada bovino o equino que se sacrifique.

## **5. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO BOVINO DEL MUNICIPIO DE GRANADA**

En primera instancia cabe señalar que la totalidad de la planta física y de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no corresponden a un diseño general ni mucho menos fueron construidas en un solo periodo. Diferentes gobiernos departamentales, ante el rezago de esta obra en el municipio, se dieron a la tarea de promover su funcionamiento, pero en las condiciones descritas anteriormente. Ésta condición ha acarreado dificultades de tipo armónico y funcional que en virtud de la alta inversión realizada hacen necesario y justifican cualquier esfuerzo del municipio para que la planta de abasto público cumpla con las exigencias normativas, en especial y para nuestro caso las ambientales.

Durante las visitas a la Planta de Sacrificio de ganado bovino de Granada, se revisaron uno a uno los componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y se identificaron:

### **5.1 SEDIMENTADORES**

El objeto de ésta unidad de tratamiento es básicamente la remoción de sólidos suspendidos (SS) y DBO en las Aguas Residuales (AR) que provienen del sistema de recolección de AR de la planta, mediante el proceso físico de asentamiento o decantación basado en un aquietamiento hidráulico en el tanque de sedimentación.

La remoción de estas características físicas del agua, permitirá reducir considerablemente la carga orgánica del efluente e iniciar de esta forma el

cumplimiento de los criterios de calidad exigidos en la normatividad ambiental correspondiente (Decreto 1594 de 1984).

Las unidades sedimentadoras generalmente cuentan con aditamentos y elementos para asegurar una velocidad de flujo bajo al interior de la misma y garantizar, a través del remanso hidráulico, la precipitación de partículas gravitacionales y ser recogidas, dependiendo de la configuración del sedimentador en la recámara de sedimentación.

Las dimensiones del tanque están determinadas por la cantidad de aguas negras que se requiere tratar y debe diseñarse para el caudal máximo horario esperado, en éste caso particular para 2,48 lts/seg.

Se recomienda que los tanques sean diseñados de forma rectangular en donde se mantenga la relación longitud:ancho entre 1,5:1 y 15:1. Los tanques cuadrados no se recomiendan porque no aseguran velocidades bajas de flujo. Debe escogerse la mayor de las áreas calculadas para mejorar la eficiencia del proceso<sup>1</sup>.

**Fotografía 24.** Estado de las unidades de sedimentación (colmatada)



**Fuente.** Los autores

- Especificaciones de la unidad de sedimentación primaria  
Largo: 3,07 mts  
Ancho: 2,03 mts

---

<sup>1</sup> Título e. Reglamento del sector RAS 2000 pág. 57

Profundidad media: 1,0 mts  
Volumen total de la caja: 6,23 m<sup>3</sup>  
Tiempo de retención: 41 minutos  
Caudal captado QMFr: 2,48 litros/seg.

- Especificaciones de la unidad de sedimentación secundaria

Largo: 4,61 mts  
Ancho: 1,63 mts  
Profundidad media: 1,09 mts  
Volumen total de la caja: 8,20 m<sup>3</sup>  
Tiempo de retención: 55 minutos  
Caudal captado QMFr: 2,48 litros/seg.

- Especificaciones de cada unidad en el sedimentador terciario

Largo: 5,48 mts  
Ancho: 2,14 mts  
Profundidad media: 2,0 mts  
Volumen total de la caja: 23,4 m<sup>3</sup>  
Tiempo de retención: 157 minutos (cerca de dos horas y media)  
Caudal captado QMFr: 2,48 litros/seg.

## **5.2 TRAMPA DE GRASAS**

Son tanques pequeños donde el principio de flotación es el eje central de éste microproceso, allí la grasa sale a la superficie, por una diferencia entre las densidades del fluido y la de la masa de grasa, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior (tubería de evacuación). No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico pero con velocidades

de flujo más lentas y un distinto tiempo de retención hidráulica (2,5 a 3,0 minutos)<sup>2</sup>.

Éste tipo de tratamiento es como un tratamiento primario o preliminar por localizarse lo más cerca posible de la fuente de agua residual y aguas arriba de los tanques sépticos, sedimentador primario o de cualquier otra unidad que requiera este dispositivo para prevenir problemas de obstrucción, adherencia a piezas especiales, acumulación en las unidades de tratamiento y malos olores.

En cuanto al diseño de este sistema, debe realizarse de acuerdo con las características propias del caudal de agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo expresada en Kg de grasa debe ser por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (2,48lts /seg)<sup>3</sup>.

Adicional a esto, es indispensable que el tanque deba tener  $0,25\text{m}^2$  de área por cada litro por segundo ( $0,25\text{m}^2/\text{lts}/\text{seg}$ ), una relación ancho/longitud de 1:4 hasta 1:18, una velocidad ascendente mínima de 4 mm/s<sup>4</sup>.

**Fotografía 25.** Estado de la trampa de grasas



**Fuente.** Los autores

<sup>2</sup> OPS/CEPIS/UNATSABAR; Especificaciones técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa

<sup>3</sup> Titulo e. Reglamento del sector RAS 2000 pág. 32

<sup>4</sup> Titulo e. Reglamento del sector RAS 2000 pág. 32

- Especificaciones de la trampa de grasas de la planta de beneficio

Largo: 0,7 mts  
Ancho: 0,7 mts  
Profundidad media: 1,1 mts  
Volumen total de la caja: 0,5m<sup>3</sup>  
Caudal captado: 2,48 lts /seg

### 5.3 FILTROS

Un filtro percolador o lecho filtrante, consiste en un tanque o unidad que contiene un lecho de material grueso, compuesto de materiales sintéticos o piedras de diversas formas y tamaños, de alta relación área/volumen, sobre el cual son vertidas las AR. Es común encontrar adherida a estos lechos una población bacteriana que descompone las aguas residuales a medida que estas percolan hacia el fondo del tanque (DBO).

El medio filtrante ideal es un material que tenga una gran área superficial por unidad de volumen, que sea económico y que no se obstruya fácilmente. Puede ser piedra triturada o un medio plástico manufacturado especialmente para tal fin. Las dimensiones máximas de piedras serán de 12,7 cm (5") y las mínimas de 7,62 cm (3")<sup>5</sup>

- Especificaciones del filtro percolador  
Largo: 2,45 mts  
Ancho: 2,48 mts  
Profundidad media: 2,10 mts  
Volumen Total de la unidad: 12,75m<sup>3</sup>  
Tiempo de Retención: 171 minutos (cerca de dos horas y cincuenta minutos).

---

<sup>5</sup> Metcalf and Eddy. Ingeniería de aguas residuales para expertos. ED Mc Graw Hill V2

**Fotografía 26. Filtros**



**Fuente.** Los autores

**Tabla 3.** Condiciones actuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Planta de Sacrificio de ganado bovino “El Cimarrón”

DESCRIPCIÓN	LONGITUD	ANCHO	PROFUNDIDAD	VOLÚMEN (M3)	T.R. MINUTOS
Sedimentador primario	3,07	2,03	1	6,2	41,9
Sedimentador secundario	4,61	1,63	1,09	8,2	55,0
Sedimentador terciario	5,48	2,14	2	23,5	157,6
Trampa de grasas	0,7	0,7	1,1	0,5	3,5
Filtro percolador	2,45	2,48	2,1	12,8	171,5

**Fuente.** Los autores

#### **5.4 OTROS ADITAMENTOS Y ESTRUCTURAS HIDRAULICAS DE COMPLEMENTO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

- Cajas de Inspección

Unidad específica de verificación del régimen hidráulico del sistema de tratamiento de aguas residuales. No cuentan con criterios específicos de diseño, ni profundidades específicas o velocidades de flujo referenciadas. Normalmente se utilizan para inspeccionar, muestrear y monitorear comportamientos anormales en las líneas de conducción del sistema de

tratamiento y verificar posibles atascamientos en las unidades que se encuentran aguas arriba o aguas abajo de la caja.

a. Especificaciones de la caja de derivación ubicada en los corrales

Largo: 1,53 mts

Ancho: 1,01 mts

Profundidad media: 0,67 mts

Volumen total de la caja:  $1,03\text{m}^3$

Tiempo de retención hidráulica: 12 minutos

b. Especificaciones de la caja receptora de agua residual de los corrales

Largo: 0,65 mts

Ancho: 0,45 mts

Profundidad media: 0,42 mts

Volumen total de la caja:  $0,1\text{m}^3$

Tiempo de retención hidráulica: 4 minutos

**Fotografía 27.** Caja de inspección



**Fuente.** Los autores

## **5.5 EFICIENCIA REAL DEL SISTEMA**

La eficiencia real del sistema (ERS) es considerada como la capacidad instalada de la planta para depurar el caudal máximo horario o caudal pico registrado durante una jornada de operación o una jornada de sacrificio en éste caso, y garantizar que el efluente en última instancia sea vertido con los criterios de calidad exigidos por la normatividad ambiental correspondiente.

La ERS puede ser medida de varias formas, entre ellas la capacidad de conducir el caudal captado (caudal máximo horario), el rendimiento en la remoción de los principales agentes contaminantes y en el volumen efectivo de las unidades o componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Una vez determinada la ERS se procede a rediseñar, si es el caso, cada una de las etapas del tratamiento para mejorar la eficiencia y la calidad del agua vertida.

Para el caso de la PTAR de la planta de beneficio del municipio, se procede a evaluar la eficiencia real del sistema de la siguiente manera:

- Remoción de la DBO y sólidos totales.
- Diámetro efectivo del sistema de tuberías de la planta.
- Volumen efectivo del filtro percolador y de los sedimentadores.

### **5.5.1 Remoción de la DBO**

De acuerdo con los muestreos y demás análisis de agua llevados a cabo en la planta de tratamiento y en el punto de vertimiento (ver capítulo rediseño del sistema. Análisis de laboratorio TECNOAMBIENTAL LTDA), se encontró que la remoción (a la fecha de elaboración del muestreo) de la DBO es de una eficiencia del 65%, por lo que se deduce que no se cumple con los estándares de calidad de

aguas en vertimientos exigidos por el Decreto 1594 de 1984, el cual, contempla un porcentaje de remoción mínimo del 80% en carga promedio horaria.

Éste resultado refleja que algunos procesos asociados a la disminución de la carga contaminante, como los procesos de sedimentación y filtración, no están diseñados para soportar el caudal máximo horario (2,48 lts/seg) y que estos mismos procesos deberán ser replanteados para eliminar dicha carga contaminante. Esto quiere decir que para lograr el porcentaje exigido en la normatividad, la capacidad instalada en la planta de tratamiento de aguas residuales permite tratar máximo un caudal de 1,4 a 1,6 lts/seg (relación directa) lo que significa que durante la jornada de operación, solo se pueden sacrificar cerca de 30 animales.

### **5.5.2 Sólidos totales**

Por otro lado, la eficiencia del sistema medida a través de la remoción de sólidos totales (ST), según los resultados de laboratorio (ver Anexo 1), especifican que el porcentaje de remoción de éste parámetro no supera el 56% contra un 80% que exige la normatividad correspondiente sobre vertimientos; lo que indica finalmente que las unidades para la remoción de sólidos solo están capacitadas para depurar un caudal máximo de 1,3 a 1,4 lts/seg (relación directa) lo que representa que solo se pueden sacrificar alrededor de 30 animales.

De allí que es recomendable rediseñar las etapas del tratamiento o ampliar el volumen efectivo de cada unidad sedimentadora, a excepción de la tercera, para garantizar un mayor tiempo de retención hidráulica y acelerar los procesos de sedimentación.

**Tabla 4.** Análisis de laboratorio TECNOAMBIENTAL LTDA Carga (Kg/mes) de contaminantes

PARAMETRO	CARGA CONTAMINANTE (Kg/mes)	
	ENTRADA AL TRATAMIENTO	SALIDA DEL TRATAMIENTO
DBO <sub>5</sub>	8130	2884
DQO	22761	5457
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	751	329
GRASAS Y ACEITES	131,7	23,1
<b>Fuente:</b> TECNOAMBIENTAL LTDA (2007)		

**Tabla 5.** Análisis de laboratorio TECNOAMBIENTAL LTDA. Comparación de los resultados con la legislación (Decreto 1594 de 1984)

PARAMETRO	ENTRADA AL TRATAMIENTO	SALIDA DEL TRATAMIENTO	% DE REMOSIÓN	DECRETO 1594 8art. 72)	CUMPLE
pH (UN)	6,87	6,74	N.A.	5 a 9 unidades	SI
DBO <sub>5</sub>	8130	2884	65	≥ 80% remoción	NO
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	751	329	56	≥ 80% remoción	NO
GRASAS Y ACEITES	131,7	23,1	82	≥ 80% remoción	SI
<b>Fuente.</b> Los autores. Basados en el estudio de laboratorio TECNOAMBIENTAL LTDA. (2007)					

### 5.5.3 Diámetro efectivo del sistema de tuberías de la planta

En cuanto a la evaluación de la eficiencia del sistema a través del cálculo del diámetro efectivo de tuberías actualmente utilizadas, se procede a implementar la ecuación de Hazen Williams, la cual, relaciona el caudal captado (caudal máximo

<sup>6</sup> Martínez Alzamora, Fernando. Fernández Bono Juan F. Pérdidas de carga en tuberías. Coeficientes de rugosidad. Ed. Cedex. Madrid 2005  
De acuerdo con esto se tiene:

horario), la longitud media de la malla de tuberías, el coeficiente de rugosidad de Hazen William que está en función del envejecimiento del sistema y las pérdidas hidráulicas por fricción. Asimismo, una vez establecido el diámetro adecuado para el sistema, se procede a evaluar la velocidad mínima del sistema para garantizar un flujo constante y de tal manera, evitar la acumulación de residuos en líneas de conducción.

Según Ecuación de Hazen Williams para el cálculo del diámetro efectivo se tiene:

$$D^{4,87} = 10,67 * \frac{Q^{1,852} * L}{CHW^{1,852} * hf}$$

Donde:

*D*: Diámetro (mts)

*Q*: Caudal (m<sup>3</sup>/seg)

*CHW*: Coeficiente de Hazen Williams de rugosidad de la tubería (120 para tuberías revestidas en hormigón (GRES) y 110 para tuberías en PVC)

*hf*: Pérdidas por fricción en tubería (0,15 m determinada teóricamente)

*L*: Longitud media de la malla de tubería (24 m aprox.)

$$D = \left( 10,67 * \frac{((0,00248 \text{ m}^3/\text{seg})^{1,852} * 24 \text{ mts})}{120^{1,852} * 0,15 \text{ mts}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

Diámetro efectivo de la tubería en GRES: 0,0814 mts = aprox. 8 cm

$$D = \left( 10,67 * \frac{((0,00248 \text{ m}^3/\text{seg})^{1,852} * 24 \text{ mts})}{110^{1,852} * 0,15 \text{ mts}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

Diámetro efectivo de la tubería en PVC: 0,0762 mts = aprox. 8 cm

---

<sup>7</sup> López Cualla, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado. Ingeniería de aguas. ED. Escuela de Ingeniería Julio Garavito  
Entonces:

Diámetro comercial recomendado: 6"

De acuerdo con el resultado, y cotejándolo con las dimensiones reales de las tuberías, cabe señalar que las mismas cumplen con los criterios hidráulicos para éste tipo de estructuras, no obstante, algunas de las unidades dispuestas al interior de la planta se encuentran por debajo de dicha medida, lo que significa que el remplazo de éstas tuberías deberá programarse a corto plazo si se pretende incrementar la tasa de sacrificio por día.

### **Velocidad de flujo en el sistema**

Velocidad para tubería parcialmente llena:

$$V = \frac{S^{\frac{1}{2}} * RH^{\frac{2}{3}}}{n}$$

Donde:

$V$ : Velocidad de flujo m/seg.

$RH$ : Radio hidráulico definido como área mojada sobre perímetro mojado ( $A_m/P_m$ )

$n$ : Coeficiente de rugosidad de Manning (0,001)

$S$ : Pendiente del sistema (2%)

$$V = \frac{0,01^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{0,01 \text{ m}^2}{0,4 \text{ m}}\right)^{\frac{2}{3}}}{0,01}$$

De allí se tiene que la velocidad media de flujo en tubería parcialmente llena es:

$$V = 1,41 \text{ m/seg}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos, se espera que a esta velocidad no se generen procesos de sedimentación en la tubería y se obstruya consecuentemente el diámetro efectivo de las mismas.

## Volumen efectivo del filtro percolador

El volumen efectivo expresa la capacidad de la unidad para coleccionar o captar el caudal máximo registrado y conforme a ello, garantizar la eficiencia deseada dentro de los procesos unitarios que en su interior se desarrollan. Dicho esto entonces, algunas propiedades como la retención o detención hidráulica y la velocidad de flujo en la unidad son operaciones directamente ligadas al volumen efectivo del filtro.

Relación entre volumen efectivo y el tiempo de retención hidráulico:

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

Donde:

$TRH$  (□): tiempo de retención hidráulica

$V$ : volumen ( $m^3$ )

$Q$ : Caudal ( $m^3/seg$ )

Para determinar el caudal máximo ( $Q_{Max}$ ) que puede tratar el sistema, se despeja la variable:

$$Q_{Max} = \frac{V}{TRH}$$
$$Q_{max} = \frac{12750 \text{ lts}}{10800 \text{ seg}} = 1,2 \text{ lts/seg}$$

De acuerdo con las especificaciones técnicas de cada filtro referenciadas anteriormente, y de acuerdo al tiempo de retención recomendado dentro del sistema (3 horas o 10.800 segundos), el caudal máximo ( $Q_{Max}$ ) que puede tratar el sistema es de 1,2 litros por segundo equivalente al sacrificio de aproximadamente

veinticinco (25) animales aproximadamente para cada unidad de acuerdo a los consumos señalados.

### **Volumen efectivo de las múltiples unidades sedimentadoras**

Por otro lado y como tratamiento preliminar al filtro percolador, se encuentran las unidades de sedimentación, que como se mencionó anteriormente, están diseñadas para remover la mayor parte de sólidos sedimentables que están presentes en el agua, estas unidades están caracterizadas por velocidades bajas de flujo, tiempos de detención hidráulicos representativos y estructuras adicionales (tabiques o pantallas deflectoras) que facilitan la precipitación de partículas gravitacionalmente afectables.

Las unidades sedimentadoras de la PTAR de la planta de beneficio presentan volúmenes y especificaciones técnicas variables, de acuerdo a la ubicación de las mismas dentro del proceso (primaria, secundaria, terciaria), no obstante cabe señalar que los tiempos de retención en la primera y segunda etapa de sedimentación, son poco representativos para una efectiva remoción, por lo que se recomienda una ampliación en el volumen de las estructuras de sedimentación primaria y secundaria de tal manera que se aumente este periodo mínimo a una hora<sup>8</sup>.

## **5.6 RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA**

Para mejorar la eficiencia en la remoción de sólidos:

### **5.6.1 En sedimentadores se recomienda:**

---

<sup>8</sup> Título e. Reglamento del sector RAS 2000 Tabla E. 4.29

<sup>9</sup> REGLAMENTO TÉCNICO DE SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS-2000

- Aumentar el volumen de la primera y segunda unidad a través de una ampliación del área superficial de cada estructura, manteniendo la profundidad media en cada sedimentador, de tal manera que se incrementen los tiempos de retención en cada proceso (1,5 horas en cada unidad sedimentadora).

Nota 1: El tiempo de retención hidráulica se calcula teniendo en cuenta la ecuación aplicada anteriormente.

- Disminuir las velocidades de flujo al interior de cada unidad, de tal manera que se aumente la sedimentación de partículas gravitacionales, a través de la reubicación, rediseño o sustitución de las pantallas deflectoras o aditamentos cuya finalidad sea disminuir la velocidad del fluido.
- Programar un mantenimiento frecuente de las recamaras de sedimentación y del sedimentador en general, con el fin de remover el material depositado y el flotante (no sedimentables), manualmente o con dispositivos mecánicos y disponerlos adecuadamente (compostaje, biodigestión).

Nota 2: Para realizar el mantenimiento del sedimentador es necesario suspender la operación, por eso es aconsejable realizarlo en horas de la mañana para no interrumpir las jornadas de sacrificio.

Durante esta jornada se debe:

- Realizar el rastrillado para remover la costra que se forma en las paredes y recamaras.
- Remover el material sedimentado dentro de las unidades.
- Monitorear las fugas e infiltraciones en la estructura.
- Limpiar las tuberías de entrada y de salida de flujo.

Nota 3: Las operaciones de mantenimiento en las unidades sedimentadoras deberán realizarse bajo las condiciones de seguridad industrial básicas para evitar cualquier accidente o alteración en la salud o integridad de los operarios que ejecutan la labor.

### 5.6.2 En el filtro percolador se recomienda

- Para mejorar la eficiencia del filtro percolador se recomienda, sustituir los lechos filtrantes por materiales con mayor grado de eficiencia, o bien ampliar el espesor de los mismos.

Nota 1: De acuerdo con los criterios de diseño se recomienda lo siguiente: en orden ascendente para filtro de flujo descendente y viceversa para flujo ascendente.

**Tabla 6.** Material filtrante recomendado

MATERIAL	ESPESOR
Grava de una pulgada (1")	0,40 metros
Grava de un cuarto de pulgada (1/4")	0,30 metros
Grava de tres octavos de pulgada (3/8")	0,30 metros
Grava de media pulgada (1/2")	0,35 metros
Antracita	0,20 metros
Fuente: RAS 2000	

- Programar un mantenimiento frecuente a los lechos filtrantes y a las tuberías de salida para evitar posibles obstrucciones en la misma. El mantenimiento consistirá en lo siguiente:

Lavar cada uno de los lechos filtrantes.

Sustituir los materiales inservibles de los lechos.

Reacomodar los lechos manualmente.

Limpiar las tuberías de entrada y salida de la unidad.

En el momento en que el nivel de encharcamiento este por encima de la superficie exceda 30 cm, debe pararse el proceso y proceder al lavado del lecho.

Nota 4: Las operaciones de mantenimiento en los filtros deberán realizarse bajo las condiciones de seguridad industrial básicas para evitar cualquier accidente o alteración en la salud o integridad de los operarios que ejecutan dicha labor.

- En dado caso, que las proyecciones indiquen una mayor cantidad de sacrificios al día, deberá aumentarse el tiempo de retención y por consiguiente una mayor capacidad de almacenamiento y depuración de la carga contaminante (ver diseño de filtro).

Para mejorar la eficiencia en la remoción de DBO

Las recomendaciones y demás modificaciones estructurales, a las que haya lugar para depurar efectivamente la carga contaminante, específicamente la DBO, serán básicamente, las mismas reestructuraciones aplicadas a la remoción de sólidos totales.

### **5.6.3 Diseño del Filtro Fitopedológico**

Un filtro fitopedológico es un sistema de tratamiento de aguas residuales para cargas contaminantes con alto contenido orgánico, está basado en el principio de cultivos y medios hidropónicos. Este sistema aún se encuentra en estudio y se adelantan múltiples programas pilotos para determinar y ajustar las variables asociadas a este proceso.

La finalidad de dicho dispositivo es la de remover prioritariamente la DBO y consecuentemente los sólidos totales. El filtro consta de un área superficial representativa, un lecho filtrante de grava, un soporte impermeabilizante y un

cultivo de plantas saprofitas, que funcionan como agentes depuradores de la carga contaminante.

Consideraciones de diseño

- Volumen aproximado del filtro fitopedológico

$$V_m = P_m * A_s$$

Donde:

*P<sub>m</sub>*: Profundidad media del dispositivo

*A<sub>s</sub>*: Área superficial efectiva

Entonces:

$$V_m = 1,8 \text{ mts} * 24 \text{ mts}^2$$

Se obtiene un volumen útil aproximado de:

$$V_m = 43,2 \text{ m}^3$$

- Tiempo de retención hidráulica

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

Donde:

*TRH*: Tiempo de retención hidráulica

*V*: Volumen (m<sup>3</sup>) del filtro

*Q*: Caudal de diseño (3,8 lts/seg) = (m<sup>3</sup>/hora)

Entonces:

$$TRH = \frac{43,2 \text{ m}^3}{13,6 \text{ m}^3/\text{hora}}$$

$$TRH_{Aprox.} = 3,2 \text{ horas}$$

Construcción del filtro

#### Impermeabilización del filtro

- El filtro deberá impermeabilizarse completamente a fin de evitar cualquier fuga al exterior de la unidad.
- El material impermeabilizante deberá garantizar total hermetismo, para eso se recomienda utilizar geomembrana o cualquier plástico resistente y lavable.
- La superficie de la unidad deberá estar revestida por el mismo material, no obstante deberá perforarse la misma para que las raíces y/o rizomas puedan incrustarse en el lecho rocoso y acelerar la degradación de los contaminantes.

#### Construcción del lecho

- La grava a utilizar deberá estar dentro del rango de los 40 a 70 milímetros de diámetro.
- La grava a utilizar no deberá ser compactada (dicho proceso interrumpe el flujo dentro del sistema debido a una disminución de la porosidad en la estructura).
- La grava deberá estar completamente limpia.
- La grava deberá ser aislada de las cajas de entrada y salida por una rejilla.

#### Agentes depuradores

- Las plantas a utilizar en el filtro fitopedológico, deberán ser saprofitas, con rizomas definidos y profundos, plantas de hábitat húmedo y semiinundados.
- Deberá proveerse de un soporte nutritivo para asegurar el crecimiento de las plantas en el lecho, mientras comienzan a adaptarse.
- Deberá hacerse un seguimiento constante al crecimiento y evolución de las plantas.

#### Operación y Mantenimiento

- La operación del filtro estará determinada por la línea piezométrica de la planta de tratamiento de aguas residuales; deberá mantenerse éste atributo para garantizar el ingreso de fluido a la unidad.
- Deberá monitorearse el sistema frecuentemente durante los primeros días de operación para prevenir cualquier colapso al sistema.
- Deberá programarse un mantenimiento de la unidad en donde se realizaran las siguientes operaciones:

Remoción de sólidos sedimentados.

Limpieza del lecho filtrante y reacomodación del mismo.

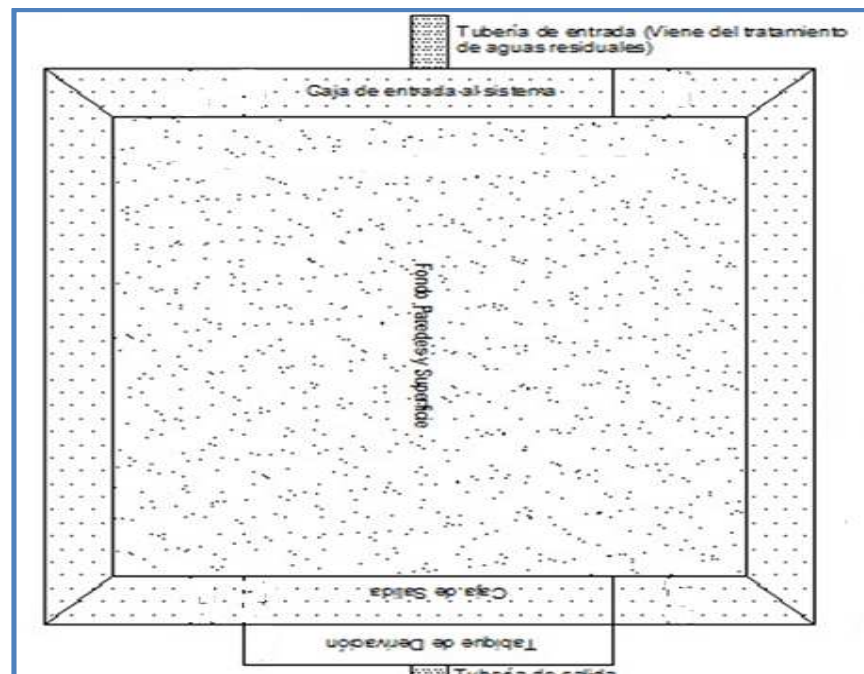
Limpieza de las cajas de entrada y salida del filtro, así como de las rejillas.

Limpieza de las líneas de conducción y evacuación.

Revisión del impermeabilizante.

Prevención de plagas y demás enfermedades de las plantas.

**Figura 3.** Filtro Fitopedológico



**Fuente.** Los autores

#### 5.6.4 Remoción de carga contaminante de acuerdo al dispositivo (porcentajes de eficiencia)

Se presenta a continuación el porcentaje de remoción de carga contaminante para cada uno de los dispositivos empleados en el sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de beneficio.

**Tabla 7.** Remoción de carga contaminante para cada dispositivo

Unidades de tratamiento	Eficiencias típicas de remoción						
	DBO	DQO	SS	P	N Org	NH <sub>3</sub> -N	Patógenos
Rejillas	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.
Desarenadores	0-5	0-5	0-10	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0	Desp.
Filtros percoladores							
Alta tasa, roca	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15	Desp.
Súper tasa, plástico	65-85	65-80	65-85	8-12	15-50	8-15	

Fuente: Documento RAS 2000

Cabe señalar que estos valores constituyen datos teóricos y pueden variar dentro del rango presentado en la tabla. Asimismo, la evaluación periódica de los contaminantes en el punto de vertimiento será de guía sobre la cual se reajustará (si es el caso) cualquier proceso de reducción de carga contaminante puntual en cada una de las etapas objeto del diseño en este documento.

## 6 REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES –PTAR- DE LA PLANTA DE SACRIFICIO DE GRANADA - META

A continuación se presentan los cálculos para el rediseño de cada una de las unidades del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales; a fin de hacerla más eficiente.

### 6.1 CALCULOS Y REDISEÑOS DE LA UNIDAD SEDIMENTADORA<sup>10</sup>

- Velocidad de sedimentación de las partículas (diámetro aproximado de las partículas: 0,0001 mm)

$$* V_0 = \frac{g}{18} \frac{\rho_s - \rho}{\mu} d^2$$

Donde:

$g$ : Aceleración de la gravedad (981 cm/seg<sup>2</sup>)

$\mu$ : Viscosidad cinemática del fluido (0,01112cm/seg<sup>2</sup> a una temperatura media de 16°C)

$\rho_s$ : Peso específico de la partícula (1,5)

$\rho$ : Peso específico del fluido (Agua: 1,00)

$d$ : Diámetro de las partículas (Partícula coloidal 0,0075 mm)

\*López Cualla, Ricardo Alfredo. Elementos de diseños para acueductos y alcantarillado. Ingeniería de aguas. ED. Escuela de Ingeniería Julio Garavito.

Entonces:

$$V_0 = \frac{918 \text{ cm/seg}^2}{18} \frac{1,5 - 1}{0,01112 \text{ cm/seg}^2} (0,0075 \text{ mm})^2$$

<sup>10</sup> López Cualla, Ricardo Alfredo. Elementos de diseños para acueductos y alcantarillado. Ingeniería de aguas. ED. Escuela de Ingeniería Julio Garavito

Así:

$$V_0 = 0,1378 \text{ cm/seg}$$

$$V_0 = 1,37 \text{ mm/seg}$$

- De acuerdo a la clasificación de sedimentadores, las unidades ubicadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales corresponden al tipo n1 (pantallas deflectoras ausentes y remoción aproximada del 75% o menos)
- La profundidad útil de acuerdo a los parámetros hidráulicos será de dos metros con cincuenta centímetros (2,50 mts) como mínimo.
- Tiempo que tarda la partícula en llegar al fondo de la unidad sedimentadora:

$$t = \frac{H}{V_s}$$

Donde:

$t$ : Tiempo que tarda en sedimentar la partícula

$H$ : Profundidad del sedimentador secundario (2,50 mts)

$V_s$ : Velocidad de sedimentación

Entonces:

$$t = \frac{250 \text{ cm}}{0,1378 \text{ cm/seg}}$$

$$t = 1814,2 \text{ seg}$$

- El periodo de retención hidráulica esta determinado de la siguiente manera:

$$\theta = 4,2 * t$$

Entonces:

$$\theta = 4,2 * 1814 \text{ seg}$$

$$\theta = 7619 \text{ seg}$$

$$\theta_{Aprox} = 2 \text{ horas}$$

- El volumen del tanque sedimentador será:

$$V = Q * \theta$$

Donde:

V: Volumen útil del sedimentador

Q: Caudal ( $m^3/\text{seg}$ ) = 3,8 lts/seg

$\theta$ : Tiempo de retención hidráulica

De allí que:

$$V = 0,0038 \frac{m^3}{seg} * 7619 \text{ seg}$$

$$V = 28,9 \text{ m}^3$$

- Area superficial del tanque:

$$A_s = \frac{V}{H}$$

Donde:

As: Área superficial del sedimentador

V: Volumen útil del sedimentador

H: Profundidad mínima del sedimentador (2,5 mts)

Entonces:

$$A_s = \frac{28,9 \text{ m}^3}{2,5 \text{ m}}$$

$$A_s = 11,5 \text{ m}^2$$

- Dimensiones del tanque:

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{4}}$$

Donde:

$A_s$ : Área superficial del sedimentador

$B$ : Ancho del sedimentador

Entonces:

$$B = \sqrt{\frac{11,5 \text{ m}^2}{4}}$$

$$B = 1,69 \text{ m} \approx 1,7 \text{ m}$$

- El largo del tanque será igual a:

$$L = 4 * B$$

Entonces:

$$L = 4 * 1,7 \text{ m}$$

$$L = 6,8 \text{ m}$$

- Carga hidráulica del sistema:

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

Donde:

$q$ : Carga hidráulica del sistema

$Q$ : Caudal ( $\text{m}^3/\text{seg}$ ) = 3,8 lts/seg

$A_s$ : Área superficial del sedimentador

$$q = \frac{0,0038 \text{ m}^3/\text{seg}}{11,2 \text{ m}^2}$$

$$q = 0,00039 \frac{m^3}{m^2 seg}$$

$$q_{Aprox} = 29,31 \frac{m^3}{m^2 día}$$

- Cálculo de número de placas

$$N_s = \frac{(L_s - L \cos \theta) \operatorname{sen} \theta + d}{d + e}$$

Donde:

$N_s$ : Número de placas del sedimentador

$L_s$ : Longitud del sedimentador (5 mts a partir de los tabiques)

$L$ : Longitud de las pantallas (1,20 mts)

$\theta$ : Ángulo de inclinación de las pantallas

$e$ : Espesor de las pantallas (0,001 mts)

$$N_s = \frac{(5 \text{ m} - 1,2 \text{ m} \cos 60^\circ) \operatorname{sen} 60^\circ + 0,006}{0,006 + 0,001}$$

$$N_s = 63 \text{ placas}$$

Nota 1: Alternativamente 32 placas de acuerdo a la velocidad de flujo observada en campo y a la viscosidad del fluido a tratar (esta modificación está sujeta a pruebas de flujo durante la etapa de operación del sistema).

Nota 2: Este sedimentador funciona permanentemente durante la etapa de operación del sistema, sin embargo, los diseños originales cuentan con otra unidad sedimentadora paralela a esta, la cual se adecuará como desarenador y funcionará intermitentemente mientras el sedimentador con placas se encuentre en mantenimiento, toda esta operación se realiza a través de un by pass.

Nota 3: De acuerdo a las consideraciones hidráulicas y a los cálculos realizados en éste documento, la longitud de la unidad sedimentadora y desarenadora (6,8 metros para todas las unidades) se ha extendido por las recamaras de acceso y de salida de cada unidad, a ocho metros y veinte centímetros aproximadamente para todos los dispositivos.

Nota 4: Para el mantenimiento de las unidades sedimentadoras y desarenadoras deberán removerse las cubiertas y extraer el material depositado mediante mecanismos manuales y bombas hidráulicas, pues por condiciones de espacio y disponibilidad presupuestal, no se pueden diseñar recamaras de evacuación de lodos y partículas de precipitación.

## **6.2 MODIFICACIÓN DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO, SECUNDARIO Y UNIDAD EN PARALELO A DESARENADORES DE TASA ALTA**

Es recomendable sustituir el primer y segundo sedimentador por desarenadores de alta tasa que resultan ser dispositivos de bajo costo y buena efectividad en la remoción de sólidos totales.

Adicionalmente su construcción no requiere mayores modificaciones en su estructura, solo la adición de dos pantallas deflectoras y una pendiente en el fondo de la unidad que busca acumular los sólidos para luego removerlos. Los desarenadores buscan remover, principalmente aquellas partículas de mayor tamaño que colmatan rápidamente las unidades sedimentadoras y que hacen que el volumen útil de los mismos pierda capacidad aceleradamente.

---

<sup>11</sup> López Cualla, Ricardo Alfredo. Elementos de diseños para acueductos y alcantarillado. Ingeniería de aguas. ED. Escuela de Ingeniería Julio Garavito

De acuerdo a los criterios hidráulicos y las disponibilidades en campo se recomienda el siguiente diseño de desarenador<sup>11</sup>.

Condiciones de diseño:

- QMH: 3,8 lts/seg
  - Velocidad del flujo a la entrada del sistema: 1,41m/seg
  - Velocidad a la salida del sistema: 1,41m/seg
  - Diámetro de las tuberías de entrada y salida: 8"
- 
- Velocidad de sedimentación de las partículas (diámetro aproximado de partículas: 0,0001mm)

$$V_0 = \frac{g}{18} \frac{\rho_s - \rho}{\mu} d^2$$

Donde:

$g$ : Aceleración de la gravedad (981 cm/seg<sup>2</sup>)

$\mu$ : Viscosidad cinemática del fluido (0,01112cm/seg<sup>2</sup> a una temperatura media de 16°C)

$\rho_s$ : Peso específico de la partícula (1,5)

$\rho$ : Peso específico del fluido (Agua: 1,00)

$d$ : Diámetro de las partículas (Partícula coloidal 0,0075 mm)

Entonces:

$$V_0 = \frac{918 \text{ cm/seg}^2}{18} \frac{1,5 - 1}{0,01112 \text{ cm/seg}^2} (0,0075 \text{ mm})^2$$

$$V_0 = 0,1378 \text{ cm/seg}$$

$$V_0 = 1,37 \text{ mm/seg}$$

- De acuerdo a la clasificación de sedimentadores, las unidades ubicadas en la planta de tratamiento de aguas residuales corresponden al n1 (pantallas deflectoras ausentes y remoción aproximada del 75% o menos).
- De acuerdo a la profundidad útil de acuerdo a los parámetros hidráulicos serán de mínimo dos metros con cincuenta centímetros (2,50 mts).
- Tiempo que tarda la partícula en llegar al fondo de la unidad sedimentadora:

$$t = \frac{H}{V_s}$$

Donde:

*t*: Tiempo que tarda en sedimentar la partícula

*H*: Profundidad del sedimentador secundario (2,50 mts)

*V<sub>s</sub>*: Velocidad de sedimentación

Entonces:

$$t = \frac{250 \text{ cm}}{0,1378 \text{ cm/seg}}$$

$$t = 1814,2 \text{ seg}$$

- El periodo de retención hidráulica esta determinado de la siguiente manera:

$$\theta = 4,2 * t$$

Entonces:

$$\theta = 4,2 * 1814 \text{ seg}$$

$$\theta = 7619 \text{ seg}$$

$$\theta_{Aprox} = 2 \text{ horas}$$

- El volumen del tanque sedimentador será:

$$V = Q * \theta$$

Donde:

V: Volumen útil del sedimentador

Q: Caudal ( $m^3/seg$ ) = 0,0038  $m^3/seg$

□: Tiempo de retención hidráulica

De allí que:

$$V = 0,0038 \frac{m^3}{seg} * 7619 seg$$

$$V = 28,9 m^3$$

- Area superficial del tanque:

$$A_s = \frac{V}{H}$$

Donde:

$A_s$ : Área superficial del sedimentador

V: Volumen útil del sedimentador

H: Profundidad mínima del sedimentador (2,5 mts)

Entonces:

$$A_s = \frac{28,9 m^3}{2,5 m}$$

$$A_s = 11,5 m^2$$

- Dimensiones del tanque:

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{4}}$$

Donde:

$A_s$ : Área superficial del sedimentador

B: Ancho del sedimentador

Entonces:

$$B = \sqrt{\frac{11,5 \text{ m}^2}{4}}$$

$$B = 1,69 \text{ m} \approx 1,7 \text{ m}$$

- El largo del tanque será igual a:

$$L = 4 * B$$

Entonces:

$$L = 4 * 1,7 \text{ m}$$

$$L = 6,8 \text{ m}$$

- Carga hidráulica del sistema:

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

Donde:

$q$ : Carga hidráulica del sistema

$Q$ : Caudal ( $\text{m}^3/\text{seg}$ ) = 0,0038  $\text{m}^3/\text{seg}$

$A_s$ : Área superficial del sedimentador

$$q = \frac{0,0038 \text{ m}^3/\text{seg}}{11,2 \text{ m}^2}$$

$$q = 0,00039 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{seg}}$$

$$q_{Aprox} = 29,31 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{día}}$$

Cabe señalar que los anteriores cálculos desarrollados presentan la misma metodología de diseño que los sedimentadores presentados en éste documento, pues los principios de acción de las unidades (sedimentador-desarenador) es el mismo, la única diferencia existente entre estos dos diseños es el tamaño de las partículas a remover y la presencia de pantallas deflectoras el interior del desarenador.

“El desarenador tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar que se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión, colmatación temprana de sedimentadores y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento”<sup>12</sup>.

### **Cálculos de los elementos del desarenador (pantallas de entrada y salida)**

- Pantalla de salida

Profundidad de la pantalla de salida:

$$P_s = \frac{H}{2}$$

Donde:

$P_s$ : Profundidad de la pantalla de salida.

$H$ : Profundidad útil del desarenador (2,5 mts)

Entonces:

$$P_s = \frac{2,5 \text{ m}}{2}$$

$$P_s = 1,25 \text{ m}$$

Distancia de la pantalla de salida a la cámara o vertedero de salida:

$$D_p = 25 * H_v$$

Donde:

$D_p$ : Distancia de la pantalla de salida a la cámara de salida

$H_v$ : Perdida hidráulica en el vertedero, la cual se calcula de la siguiente manera:

---

<sup>12</sup> Organización panamericana de la salud; guía para el diseño de sedimentadores y desarenadores- Jorge Arboleda Valencia; “Teoría y práctica de la purificación del agua”: Tomo 1; Colombia; 2000

$$H_v = \left( \frac{Q}{1,84 * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

Q: Caudal (0,0038 m<sup>3</sup>/seg)

B: Ancho del desarenador (1,7 mts)

$$H_v = \left( \frac{0,0038}{1,84 * 1,7} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_v = 0,0011 \text{ m}$$

Entonces:

$$D_p = 25 * 0,0011 \text{ m}$$

$$D_p = 0,275 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$$

- Pantalla de entrada

$$P_E = \frac{H}{2}$$

Donde:

P<sub>s</sub>: Profundidad de la pantalla de entrada.

H: Profundidad útil del desarenador (2,5 mts)

Entonces:

$$P_E = \frac{2,5 \text{ m}}{2}$$

$$P_E = 1,25 \text{ m}$$

Distancia de la pantalla de entrada a la cámara de quietamiento o vertedero de entrada

$$D_{PE} = \frac{L}{4}$$

Donde:

$D_{pE}$ : Distancia de la pantalla de entrada a la cámara de quietamiento

$L$ : Longitud del desarenador (6,8 mts)

$$D_{pE} = \frac{6,8 \text{ m}}{4}$$

$$D_{pE} = 1,7 \text{ m}$$

- Diseño de los vertederos de entrada y salida

Profundidad

$$P = \frac{H}{3}$$

Donde:

$P$ : Profundidad de las cámaras

$H$ : Profundidad del desarenador (2,5 mts)

$$P = \frac{2,5 \text{ m}}{3}$$

$$P = 0,83 \text{ m}$$

Ancho:

$$A = \frac{B}{3}$$

Donde:

$A$ : Ancho de las cámaras

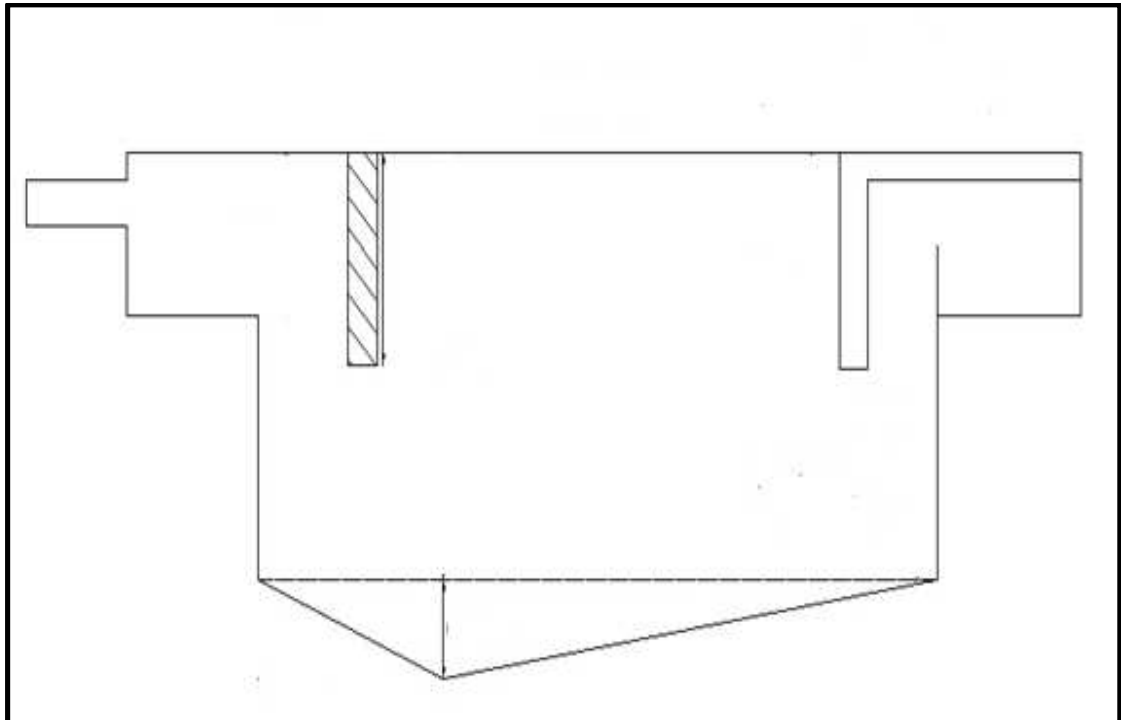
$B$ : Ancho del desarenador (1,7 mts)

$$A = \frac{1,7 \text{ m}}{3}$$

$$A = 0,56 \text{ m} \approx 0,6 \text{ m}$$

Largo adoptado: 1m

**Figura 4.** Perfil desarenador de alta tasa



**Fuente.** Los autores

### 6.3 DISEÑO<sup>13</sup> DEL FILTRO PERCOLADOR MULTILECHO PARA CAUDAL PROYECTADO DE 3,8 LTS/SEG

- Tiempo de retención de acuerdo a la tasa de infiltración media

Velocidad media de infiltración ( $V_{mi} = 0,001\text{m/s}$ )

Tiempo de retención en el sistema

$$TRH = \frac{H}{V_{mi}}$$

<sup>13</sup> Metodología de diseño extraída de: Metcalf and Eddy. Ingeniería de aguas residuales para expertos. ED Mc Graw Hill V2

Donde:

*TRH*: Tiempo de retención hidráulica

*H*: Profundidad del filtro percolador (profundidad de lechos más quince centímetros 15 cm de corona) (1,7 mts)

*V<sub>mi</sub>*: Velocidad media de infiltración (0,001m/s)

$$TRH = \frac{1,7 \text{ mH}}{0,001 \text{ m/seg}}$$

$$TRH = 1700 \text{ seg} \approx 28 \text{ min}$$

- Cálculo del área superficial de la unidad

$$Q = V_{mi} * A$$

Donde:

*Q*: Caudal medio muestreo Tecnoambiental LTDA (3,8lts/seg)

*A*: Área superficial efectiva (m<sup>2</sup>)

*V<sub>mi</sub>*: Velocidad media de infiltración (0,001m/s)

Entonces:

$$A = \frac{Q}{V_{mi}}$$

$$A = \frac{0,0038 \text{ m}^3/\text{seg}}{V_{mi}0,001 \text{ m/seg}}$$

$$A = 3,8 \text{ m}^2$$

- Volumen apropiado de la unidad

$$V = P * A$$

Donde:

*V*: Volumen efectivo de la unidad (m<sup>3</sup>)

A: Área superficial efectiva ( $m^2$ )

P: Profundidad efectiva del filtro (lecho filtrante más pérdidas hidráulicas del 20% = 2,05 mts)

$$V = 2,05 m * 3,8 m^2$$
$$V = 7,8 m^3$$

### 6.3.1 Capacidad Instalada del Filtro Percolador<sup>14</sup> de Acuerdo a las Dimensiones Reales en Campo

- Calculo del área superficial de la unidad

$$A = B * L$$

Donde:

A: Área superficial efectiva ( $m^2$ )

B: Ancho de la unidad 2,48 mts

L: Largo de la unidad 2,45 mts

Entonces:

$$A = 2,48 m * 2,45 m$$

$$A = 6,1 m^2$$

- Volumen aproximado de la unidad

$$V = P * A$$

Donde:

V: Volumen efectivo de la unidad ( $m^3$ )

A: Área superficial efectiva ( $m^2$ )

P: Profundidad efectiva del filtro (lecho filtrante más pérdidas hidráulicas del 20% = 2,05 mts)

$$V = 2,1 m * 6,1 m^2$$

$$V = 12,9 \text{ m}^3$$

- Capacidad de cada filtro

Se determinará de tal manera la capacidad de cada filtro de acuerdo al volumen y al tiempo de retención en función de los lechos que actualmente presenta el sistema.

Tipo de filtro: filtro de flujo descendente

Lechos de filtro: Lecho en grava de ½" (espesor aproximado del lecho 0,60m)

Lecho en grava de ¼" (espesor aproximado del lecho 0,80m)

- Tiempo de retención Hidráulico

$$TRH = \frac{H}{V_{mi}}$$

Donde:

*TRH*: Tiempo de retención Hidráulico

*H*: Profundidad de los lechos en el filtro percolador

*V<sub>mi</sub>*: Velocidad media de infiltración (0,001m/s bajo condiciones óptimas de funcionamiento)

$$TRH = \frac{1,4 \text{ m}}{0,001 \text{ m/seg}}$$

$$TRH = 1700 \text{ seg} \approx 28 \text{ minutos}$$

- Determinación del caudal

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

Donde:

*Q*: Caudal

*V*: Volumen de cada filtro 12,9 m<sup>3</sup>

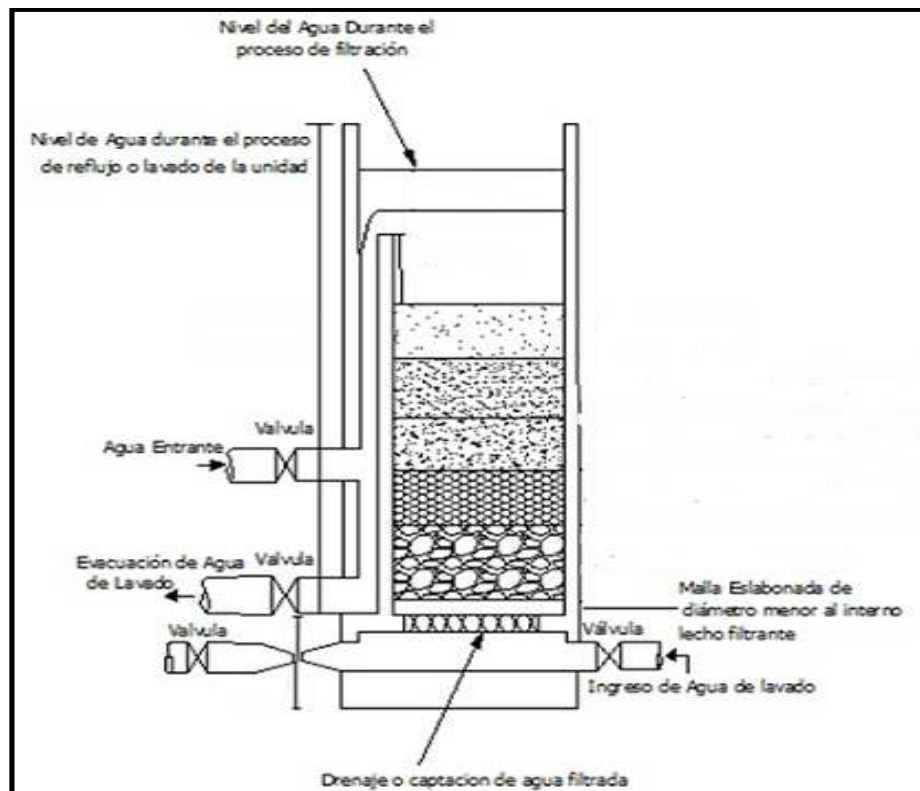
*TRH*: Tiempo de retención hidráulico 1700 seg

Entonces:

$$Q = \frac{12,9 \text{ m}^3}{1700 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,075 \text{ m}^3/\text{seg}$$

**Figura 5.** Filtro múltiples capas filtrantes



Fuente: Los autores

#### 6.4 TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN EL ESTERCOLERO Y CUARTO DE PIELES

- Modificaciones estructurales a las unidades estercoleras

Diferencia de altura entre la PTAR y las unidades estercoleras (determinación de la línea piezométrica).

Distancia entre la PTAR y estercoleros: 100 mts

Pendiente mínima requerida para velocidad de flujo laminar: 1,2%

De acuerdo con esto se tiene:

$$\tan \theta = \frac{\textit{Elevación Efectiva}}{\textit{Distancia Media de La Unidad}}$$

Adicional a esto se tiene que el 1,2% en pendiente equivale a 0,54° de inclinación en terreno, entonces:

$$\tan \theta * \textit{Distancia Media de La Unidad} = \textit{Elevación Efectiva}$$

Se tiene entonces:

$$\textit{Elevación Efectiva} = \tan 0,54^\circ * 100 \textit{ m}$$

La elevación media de la unidad estercolera será:

$$\textit{Elevación Efectiva} = 0,94 \textit{ m}$$

De acuerdo con esto, la línea piezométrica en relación a la elevación de la unidad estercolera (0,94m) deberá garantizar el régimen de flujo laminar para el transporte de las aguas servidas. Esto es los residuos líquidos o lixiviación de estercoleros que serán conducidos a través de una tubería superficial en PVC de 6" al sistema de tratamiento de aguas residuales. Tal como se especificó en los cálculos anteriormente desarrollados, la línea de conducción tendrá una distancia media de 100m y deberá garantizarse la pendiente de 1,2% para garantizar el flujo laminar y evitar la deposición de sedimentos al interior.

Se recomienda que la conexión se haga desde la caja de recolección de lixiviados y que conecte indirectamente al primer sedimentador, a través de la caja de

derivación, para precipitar los sólidos y disminuir la carga contaminante asociada a este vertimiento (DBO).

Adicionalmente a esto, la impermeabilización de las paredes (en concreto o cualquier otro material con bajo coeficiente de movilidad o infiltración) y fondo de la caja de recepción de lixiviados ubicada en el estercolero, deberá hacerse obligatoriamente para garantizar cualquier tipo de afectación sobre el suelo y el acuífero.

## **6.5 CAJAS DE INSPECCIÓN**

Conforme a las utilidades hidráulicas de inspección y monitoreo tanto de los regímenes hidráulicos como de la calidad de agua entrante y saliente del sistema en función de la reducción de la carga contaminante (capacidad depuradora), se plantea la adopción y construcción de cajas de inspección ubicadas estratégicamente, de tal manera que puedan realizar muestreos periódicamente y determinar las características fisicoquímicas tanto del efluente como del afluente.

Para esto se sugiere:

- Realizar la adecuación de la última caja de inspección del sistema, de tal manera que cambie el diseño de la caja semicircular a una caja rectangular, conservando la configuración del canal de transporte de agua tratada. Con esto se busca garantizar una mejor accesibilidad y realizar los muestreos cómodamente. Cabe señalar que este tipo de dispositivos no requieren de ninguna metodología hidráulica (tiempos de retención, velocidades de flujo, relación ancho:largo, etc).
- Adicional a esto, y con el fin de caracterizar los vertimientos antes del tratamiento y monitorear el sistema de conducción de aguas servidas,

deberá implementarse una caja de inspección antes del ingreso a la planta de tratamiento.

## 6.6 RESUMEN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

A continuación se presenta una tabla resumen con los datos del sistema de tratamiento de aguas residuales, calculados en el presente documento.

**Tabla 8.** Resumen del sistema de tratamiento de aguas residuales

Criterio Hidráulico	Unidades del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales – Planta de Sacrificio de Granada-Meta				
	Desarenadores	Sedimentador	Trampa de grasas	Filtro percolador	Filtro fitopedológico
Caudal (lts/seg)	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Ancho de la unidad (mts)	1,7	1,7	0,6	2,48	2,4
Largo de la unidad	8,2	6,8	1,2	2,45	10
Profundidad de la unidad	2,48	2,48	1,5	2,1	1,8
Tiempo de retención hidráulico (seg)	1814	7619	180	1700	1433
Margen de eficiencia DBO según RAS	0-5	30-40	NA	65-80	No existen datos
Margen de eficiencia ST según RAS	0-10	50-65	NA	60-85	No existen datos
Fuente. Los autores					

## **7 BOSQUEJO DEL PLAN DE USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA PARA LA PLANTA DE SACRIFICIO.**

Si bien es cierto la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR es ineficiente para la cantidad de residuos líquidos generados durante el proceso de sacrificio y faenado, lo cual ha hecho que se rediseñe la misma para que sea eficiente y cumpla con los parámetros de vertimientos exigidos por la norma. Consideramos que esa es una solución “al final del tubo”, la cual, requiere ser complementada con sencillas practicas que permitan disminuir considerablemente el volumen de aguas residuales y residuos sólidos que ingresan al sistema de la PTAR.

Es así que se recomienda la ejecución de algunas actividades previas a la descarga en la PTAR, las cuales obedecen a la observación realizada durante las distintas visitas realizadas a la planta de sacrificio.

En ese sentido se tiene que algunas áreas son de especial intervención toda vez que el consumo de agua es desmesurado por parte de los operarios. Entre esas áreas se tienen:

- Corrales  
Los operarios constantemente lavan los corrales, pretendiendo con el chorro de agua de las mangueras arrastrar el excremento producto de la digestión de las reses. Esos altos volúmenes de agua mezclado con estiércol son presionados con agua y, en ocasiones con herramientas manuales que ingresan al sistema de tuberías que vierten sus aguas a la PTAR.
- Sangría

Comoquiera que el proceso de desangrado de la res se realiza en un sitio que no permite la contención del líquido; éste salpica paredes, suelo y otro mobiliario cercano al sitio de sangrado, lo que conlleva a que los operarios viertan grandes cantidades de agua para lavar al sangre salpicada cada vez que desangran una res. Esa sangre mezclada con agua se dispone por medio del sistema de tuberías en la PTAR.

- Área de vísceras rojas  
Para el lavado de esas vísceras se dispone de un tanque contenedor de agua, sin embargo, la llave permanece abierta una vez el tanque está lleno, lo que genera altas pérdidas de agua toda vez que ésta se vierte directamente al piso y de allí al sistema de tuberías que conducen a la PTAR.
- Área de vísceras blancas.  
En ese sitio se realiza la evacuación del rumen contenido en la panza e intestino del animal sacrificado, es allí donde altos contenidos de rumen terminan en la PTAR, en razón a que los operarios no son debidamente cuidadosos en disponer el rumen en los contenedores para tal fin, optando por disponerlos en el sistema de tuberías al realizar el lavado a presión para que éste sea evacuado por ese sistema hidráulico.

Por otro lado, se tiene que el agua caliente contenida en el tanque ubicado en esa área, pierde rápidamente el calor lo que conlleva a que los operarios estén constantemente abriendo los puntos hidráulicos para obtener esa agua.

- Lavado general de las instalaciones.  
Se denotó que por desidia de los operarios, estos no utilizan las escobas o cepillos para friccionar paredes, pisos y demás elementos que resultan sucios después de la actividad de sacrificio y faenado, éstas personas se

limitan a aplicar grandes cantidades de agua hasta observar que hay un grado aceptable de limpieza.

Así las cosas, se proponen las siguientes acciones a fin de ahorrar el agua, y de esa forma optimizar el recurso, evitar la contaminación ambiental, y hacer más eficiente la PTAR.

- a. Que los corrales sean barridos en seco, recoger manualmente la mayor cantidad de estiércol posible y lavar los corrales solo una vez durante la jornada de sacrificio, ese lavado se desarrollará una vez el ganado bovino haya sido evacuado en su totalidad de los corrales.
- b. Instalar una estructura cónica en acero inoxidable con las dimensiones suficientes que permitan contener la sangre producida durante el degüello de la res, de esa manera no será necesario invertir grandes cantidades de agua en el lavado de paredes y pisos a causa de la sangre derramada.
- c. En los tanques contenedores de agua caliente, instalar un dispositivo que impida las pérdidas de calor, así mismo un punto hidráulico en ese tanque para utilizar solamente la cantidad de agua requerida en el escaldado y lavado de vísceras rojas y blancas.
- d. Instalar en todos los sifones tanto internos del área de sacrificio y faenado, así como en los corrales, rejillas con barras paralelas finas de 1 a 2 cm y mallas o tamices de 0,8 a 1,5mm; a fin de retener sólidos evitando su incorporación a la PTAR. Ésta actividad se debe complementar con un operario que se encargue exclusivamente de hacer recolección constante de los sólidos que queden atrapados en esas rejillas y tamices.
- e. Instalar sistemas de boquillas en todas las mangueras de lavado, de modo tal que aumente la presión del agua y, disminuya el caudal; alcanzando el mismo resultado con menor consumo de agua.

- f. Instalar interruptores de pie o rodilla para abrir y cerrar los puntos hidráulicos fijos y de esa forma optar porque los operarios no dejen los puntos abiertos desperdiciando agua.
- g. Capacitar a todo el personal operario sobre prácticas de ahorro de agua, de manera que se sensibilicen sobre la necesidad de hacer uso eficiente del recurso. De la misma forma hacer seguimiento y evaluación a los operarios de la planta sobre lo aquí expuesto.

## 8 CONCLUSIONES

- La actividad que más demanda agua en el proceso de faenado es el lavado de vísceras blancas, en razón a que los operarios eliminan el contenido ruminal con agua por el sistema de tuberías.
- La planta actualmente cuenta con una capacidad instalada para depurar un caudal máximo de 1,3 lts/seg.
- El tratamiento de aguas residuales presenta deficiencias en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos totales (ST) con valores porcentuales de 65% y 56% respectivamente frente a un porcentaje exigible de remoción del 80% de los contaminantes según decreto 1594 de 1984 (Tecnoambiental LTDA).
- Se determinó experimentalmente que existe una diferencia en el consumo de agua por animal sacrificado entre los datos obtenidos en campo y los valores exigidos en la normatividad referente a la operación de plantas de sacrificio.
- Específicamente, las deficiencias en el proceso de remoción de las cargas contaminantes se encuentran en los procesos de sedimentación y filtración, por consiguiente deberán reestructurarse dichos procesos a través del rediseño y/o modificación de las unidades respectivas (filtros, desarenadores, y sedimentadores).
- Los sedimentadores primarios y secundarios deberán ser modificados para acondicionarlos como desarenadores de tasa alta de segundo nivel para la

remoción de sólidos de mayor tamaño, de tal manera prolongar la capacidad de los sedimentadores.

- El filtro fitopedológico ubicado al final del tratamiento de aguas residuales actúa como mecanismo contundente en el tratamiento de la carga contaminante orgánica.
- Los diseños que se presentan en éste documento, están formulados para soportar caudales pico de 3,8 lts/seg; según el muestreo realizado por Tecnoambiental LTDA.
- Las unidades de desecamiento del contenido ruminal y de lixivios generados en el cuarto de pieles las cuales actualmente no se encuentran acopladas al sistema de tratamiento de aguas residuales, serán conectadas a través de tubería superficial en PVC de 6" como se señaló en la bitácora de cálculo presentada en éste documento.
- Existen prácticas sencillas que deben ser adoptadas por los operarios, lo cual, conllevaría a una disminución considerable en la cantidad de agua usada en la faena; repercutiendo en que el sistema de depuración del agua sea más eficiente.
- Se requiere la implementación de algunos aditamentos al sistema hidráulico de las áreas donde se desarrollan las actividades de sacrificio y faenado, lo cual, redundaría en un ahorro considerable del agua. Como por ejemplo, la ubicación de rejillas y tamices en los desagües, colocación de boquillas en las mangueras de lavado, interruptores para el suministro de agua, entre otros.

## 9 RECOMENDACIONES

- La carga contaminante en las aguas residuales de la planta de sacrificio se puede reducir reteniendo los residuos que se producen de la evisceración, y de la recolección de estiércol, recuperando la grasa y sangre.
- Se recomienda hacer limpieza en seco de los corrales y evitar de tal manera que se evacuen por las líneas de conducción de aguas residuales el estiércol de los animales.
- Se recomienda hacer un control sobre los operarios en especial el encargado de disponer el contenido ruminal de la panza de las reses sacrificadas, para que no disponga ese contenido en el sistema hidráulico de las tuberías.
- Se recomienda estandarizar el consumo de agua por animal sacrificado y conforme a esto, promover un ahorro eficiente de este recurso mes a mes.
- Se recomienda hacer mantenimiento periódico al sistema de tratamiento de aguas residuales y evitar su colmatación.
- Se recomienda realizar un mantenimiento frecuente de la trampa de grasas para garantizar la remoción de esta carga contaminante y evitar, consecuentemente, que se acumulen en otras unidades del sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

ARBOLEDA VALENCIA, JORGE. Teoría y práctica de la purificación del agua. Tomo 1. Colombia 2000

FAO. Manual para la operación y funcionamiento de almacenes frigoríficos de productos cárnicos. Roma 1991.

LOPEZ CUALLA, RICARDO ALFREDO. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado. Ingeniería de aguas. ED. Escuela de Ingeniería Julio Garavito.

MARTINEZ ALZAMORA, FERNANDO. FERNANDEZ BONO JUAN F. Pérdidas de carga en tuberías. Coeficientes de rugosidad. ED. CEDEX. Madrid 2005.

METCALF AND EDDY, Ingeniería de aguas residuales para expertos. ED MC GRAW HILL V2.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía ambiental para plantas de beneficio de ganado. SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. FEDEFONDOS. Bogotá 2002.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía para el diseño de sedimentadores y desarenadores.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA; MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594 de 1984.

TECNOAMBIENTAL L.T.D.A.; Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los vertimientos matadero municipal de Granada-Meta. (Villavicencio, Diciembre de 2007)

TÉCNICO DEL SEVTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS-2000. Título e. RAS 2000

## ANEXOS

### Anexo No. A Muestreo de aguas Planta Tratamiento de Aguas Residuales TECNOAMBIENTAL LTDA



**MATADERO MUNICIPAL  
GRANADA - META**

30  
10

#### ALCANCE DEL TRABAJO

Monitorear, mediante sistemas de muestreo estandarizados los parámetros fisicoquímicos (pH, DBO-s, DQO, Grasas y Aceites, Sólidos suspendidos) y Microbiológicos (Coliformes totales y E. Coli), en el agua a la entrada del tratamiento y después del tratamiento.

● Analizar los compuestos en estudio mediante técnicas analíticas: Mediciones electroquímicas de ión selectivo, volumetría y gravimetría, a fin de establecer su concentración real en los vertimientos líquidos.

Comparar los resultados obtenidos frente a la legislación nacional (Decreto 1594 de 1984 "Usos del agua y residuos líquidos")

● Con los resultados obtenidos en el monitoreo de aguas residuales (Antes y después del sistema de tratamiento) establecer las condiciones en las que se encuentra actualmente el sistema de tratamiento de aguas residuales con el que cuenta la planta de sacrificio del municipio de Granada - Meta.

30

## METODOLOGÍA

### 1. ETAPA DE CAMPO

El muestreo se realizó el día 15 de diciembre de 2007 a partir de las 5:45 p.m. hasta las 11:15 p.m., para un total de seis (6) horas de muestreo en cada uno de los puntos, con una diferencia de treinta (30) minutos entre cada una de las muestras puntuales.

● En cada cuerpo de agua se llevó a cabo la descripción del sitio, la toma de muestra y los análisis *in situ* (pH).

Teniendo en cuenta que el sistema de tratamiento cuenta con dos entradas principales (lavado de vísceras blancas y lavado de corrales y demás partes del proceso) y que estas se unen a la entrada de los tanque sedimentadores, se tomó este punto para el desarrollo de las actividades de monitoreo, como entrada al tratamiento, ya que reúne la totalidad de las aguas manejadas en el proceso, no obstante es importante resaltar que previo a este punto existen remociones de sólidos gruesos (tratamiento primario) que por obvias razones no se evidenciará en los resultados de análisis.

Para el agua residual después del tratamiento se hizo una adaptación en uno de los dos tubos de salida a la caja de inspección que existe antes de la zona de infiltración, para tomar las muestras de agua residual.

#### ● 1.1 ASPECTOS FISCOQUÍMICOS

Para el análisis físicoquímico se realizaron mediciones *in situ* y toma de muestras para análisis en el laboratorio.



Los parámetros físicoquímicos evaluados inmediatamente con sus respectivos equipos son:

- pH: pHmetro tipo 330 marca WTW



TERNIA Ambiental Ltda.  
SERVICIOS AMBIENTALES

**MATADERO MUNICIPAL  
GRANADA - META**

27  
12

## 1.2 TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras de los parámetros Físicoquímicos y Microbiológico a analizar en el laboratorio se efectuó siguiendo las recomendaciones de la Apha 1990, de la siguiente forma:

- \* Para el análisis de muestras individuales:

Con el fin de obtener una muestra que representara la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su captación se tomaron muestras para el análisis de los siguientes parámetros:

- Grasas y aceites
- Coliformes totales y fecales

- \* Para la muestra compuesta:

Para evaluar los efectos de descargas y operaciones variables o irregulares, se tomaron muestras compuestas durante un periodo de seis (6) horas.

Se realizó a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas tanto a la entrada del sistema de tratamiento como a la salida del mismo, cada treinta (30) minutos.

Las muestras individuales se combinaron en volúmenes proporcionales al caudal. Para este caso el volumen final establecido para la muestra fue de 2000 mL.

En este caso el muestreo se realizó de forma manual.

## PUNTOS DE MUESTREO

MUESTRA No. 1	MUESTRA No. 2
	
Agua Residual entrada al tratamiento E: 1040868 N: 882882	Agua Residual salida del tratamiento E: 1040885 N: 882898

35  
13

MUESTRA No. 3	MUESTRA No. 4
	
<p>Caño Sibao aguas arriba del vertimiento                      E: 1040969 N: 882831</p>	<p>Caño Sibao aguas abajo del vertimiento                      E: 1040971 N: 882821</p>

### 1.3 CAUDAL

**Entrada y salida del tratamiento:** La medición del caudal se realizó en los dos puntos de muestreo de forma manual utilizando un cronómetro y un recipiente aforado. El procedimiento a seguir consiste en tomar un volumen de muestra en un recipiente aforado y medir el tiempo transcurrido desde que se introduce a la descarga hasta que se retira de ella; la relación de estos dos valores permite conocer el caudal en ese instante de tiempo.

Siendo

$$Q = V/t$$

### 1.4 CONTROL Y VIGILANCIA DEL MUESTREO, PRESERVACIÓN Y ANÁLISIS

El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis es esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados; incluye la actividad de seguir o monitorear las condiciones de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su posterior análisis. Este proceso es básico e importante para demostrar el control y confiabilidad de la muestra.

Para cada alicuota o muestra sencilla tomada para la composición de la muestra se tomó en frascos de boca ancha de 1000 ml y se identificó en el momento de muestreo con los

33



Tercero Ambiental Ltda.

**MATADERO MUNICIPAL  
GRANADA - META**

30/14

datos básicos que permitieran su identificación en el momento de la composición de la muestra

Una vez obtenida la muestra compuesta se sellaron los recipientes los cuales contenían un adhesivo con la siguiente información: número de muestra, fecha y hora de muestreo.

En las hojas de campo se registró la información pertinente a observaciones de campo o del muestreo, en donde se incluyó lo siguiente: propósito del muestreo; localización del punto de muestreo; tipo de muestra y método de preservación; composición de la muestra; número y volumen de muestra tomados; fecha y hora de recolección; número(s) de identificación del (los) recolector(es) de la muestra; observaciones y mediciones de campo.

Una vez obtenida la información y cumplido los requisitos preliminares se procedieron a refrigerar las muestras para su transporte hacia el laboratorio y su respectivo análisis

## 2. ETAPA DE LABORATORIO

### 2.1 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

Las técnicas analíticas empleadas para la determinación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos se presentan en la **Tabla No. 1**

**TABLA No. 1** Técnicas analíticas empleadas para la determinación de las concentraciones de los parámetros analizados.

PARÁMETRO	MÉTODO	REFERENCIA
pH	Potenciométrico	SM 4500 H <sup>+</sup> B
GRASAS Y ACEITES	Infrarrojo	SM 5520 C
D.Q.O.	Reflujo cerrado	SM 5220 D
D.B.O. <sub>5</sub>	Incubación	SM 5210 B
SÓLIDOS SUSPENDIDOS.	Secados a 103-105°C	SM 2540 D
COLIFORMES TOTALES Y E. COLI	N.M.P.	SM 9223 B

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 CAUDAL

Con los parámetros analizados en los cuerpos de agua se relacionaron con los criterios de calidad admisible establecidos en el Decreto 1594 de 1984, artículo 72 para el vertimiento a una fuente superficial. (**Tabla No. 6**)

30

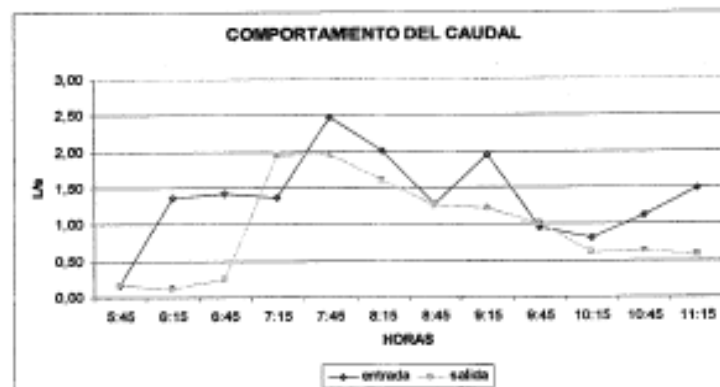


35  
15

Teniendo en cuenta que el caudal se distribuye uniformemente a través de dos cajas sedimentadoras y que únicamente se tomo el volumen proveniente de una de las cajas, para obtener el volumen final se multiplico por dos el volumen inicialmente captado.

**TABLA No. 2** Comportamiento del caudal a la entrada y salida del tratamiento

MUESTRA No.	HORA	ENTRADA AL TRATAMIENTO	SALIDA DEL TRATAMIENTO
1	5:45	0,17	0,16
2	6:15	1,37	0,13
3	6:45	1,43	0,25
4	7:15	1,37	1,96
5	7:45	2,48	1,96
6	8:15	2,00	1,61
7	8:45	1,27	1,26
8	9:15	1,95	1,22
9	9:45	0,95	1,01
10	10:15	0,80	0,61
11	10:45	1,12	0,64
12	11:15	1,49	0,57
SUMA Qi		16,41	11,39
Q. MÁXIMO		2,48	1,96
Q. MÍNIMO		0,17	0,16
Q. PROMEDIO		1,37	0,95



35

36  
16

TABLA No. 3 Volumen de alícuotas para composición de las muestras

MUESTA No.	HORA	ENTRADA AL TRATAMIENTO	SALIDA DEL TRATAMIENTO
1	5:45	21	29
2	6:15	168	23
3	6:45	174	44
4	7:15	167	344
5	7:45	302	344
6	8:15	244	282
7	8:45	155	222
8	9:15	238	214
9	9:45	115	177
10	10:15	98	107
11	10:45	137	112
12	11:15	181	101
<b>VOLUMEN TOTAL</b>		<b>2000</b>	<b>2000</b>

### 3.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

Los resultado de los análisis se reportan en la tabla No. 4 y en el anexo correspondiente

TABLA No. 4 Resultados de análisis

PARÁMETRO	UNIDADES	CAÑO SIBAO			
		A.R.I. T.A. 6972	VERTIMIENTO T.A. 8073	AGUAS ARRIBA T.A. 8074	AGUAS ABAJO T.A. 8075
DBO <sub>5</sub>	mg/l O <sub>2</sub>	2646	1353	2	57
DQO	mg/l O <sub>2</sub>	7408	2560	15	123
GRASAS Y ACEITES	mg/l	42,9	10,9	< 0,5	2,7
PH	Unid.	6,87	6,74	6,29	6,61
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	244	154	7	15
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	> 1600000	> 1600000	64880	241960
E. COLI	NMP/100 ml	> 1600000	> 1600000	10500	104620
CAUDAL	L/s	1,37	0,95	-	-

36



33/17

**Calculo de la carga contaminante (CC)**

Con base en estas concentraciones y el valor del caudal promedio se obtiene el cálculo de la carga contaminante (Kg/mes) para los puntos de muestreo.

$$CC = Qp \times ( ) \times F$$

- CC : Carga Contaminante (Kg/mes)  
 Qp : Caudal promedio (l/s)  
 ( ) : Concentración del parámetro analizado  
 F<sup>(1)</sup> : Factor de conversión de unidades.

**TABLA No. 5** Carga (kg/mes) de contaminantes

PARAMETRO	CARGA (Kg/mes)	
	ENTRADA AL TRATAMIENTO	SALIDA DEL TRATAMIENTO
DBO <sub>5</sub>	8130	2884
DQO	22761	5457
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	751	329
GRASAS Y ACEITES	131,7	23,1

Al comparar los resultados obtenidos con la legislación obtenemos los reportes de la tabla No. 6.

**TABLA No. 6** Comparación de los resultados con la legislación (Decreto 1594/84)

PARAMETRO	ENTRADA AL TRATAMIENTO	SALIDA DEL TRATAMIENTO	% DE REMOCION	DECRETO 1594 (ART. 72)	CUMPLE
pH (UN)	6,87	6,74	N.A.	5 a 9 Unidades	SI
DBO <sub>5</sub> (Kg/mes)	8130	2884	65	≥ 80% Remoción	NO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS (Kg/mes)	751	329	56	≥ 80% Remoción	NO
GRASAS Y ACEITES (Kg/mes)	131,7	23,1	82	≥ 80% Remoción	SI

37



**Tecnológico Ambiental Ltda.**  
A S E S O R I A Y I N G E N I E R I A

Torresal 27 No. 185-24 Barrio El Empoño - Villavieja  
Teléfono: 664 3018 - 664 1236  
e-mail: tecnolomb@esaf.net.co

Página 1 de 4

**RESULTADO DE ANALISIS**



**MUESTRA No. 1**  
Solicitante: SACRICANA S.A.  
Contacto: LABORIO PALACIOS

**Clase de muestra:** Agua residual industrial  
**Fecha de toma:** diciembre 15, 2007  
**Departamento:** Meta  
**Vendedor/Barrío:** San Juan  
**Punto:** Erreco PTAR E. 10-0068 N. 00282  
**Fecha Recepción:** diciembre 16, 2007

**Dirección:** Barrio Simón Bolívar - Coronado, Meta  
**Teléfono:** (998) 6557031

**Tipo de muestra:** Compueta  
**Hora de Toma:** 5:45 p.m. a 11:15 p.m.  
**Municipio:** Coronado

**Fuente:** Agua residual industrial  
**Lugar de muestreo:** Planta de sacribo SACRICANA S.A.  
**Fecha de emisión del reporte:** diciembre 22, 2007

MUESTRA No.	pH (pH)	ODOR Y ACETES (ppm)	DEO (ppm)	DEO (ppm)	ODS (ppm)	ANIONES SULFADOS (ppm)	CONDUCIBILIDAD (µmhos/cm)	SOLIDOS TOTALES (ppm)	SOLIDOS SUSPENSOS (ppm)	CONDUCIBILIDAD (µmhos/cm)	SOLIDOS TOTALES (ppm)
1	6,77	28.1502 C	28.1510 B	28.1220 C	28.1240 D	28.1021 B	28.1020 B	> 1600000	> 1600000	> 1600000	> 1600000
2	6,57										
3	6,59										
4	6,52										
5	6,52										
6	7,12	42,8	28,46	7,608	2,64						
7	7,04										
8	7,17										
9	6,95										
10	6,91										
11	6,67										
12	6,99										
	6,67										

*[Firma]*  
M<sup>sc</sup> CONSUELO ROBO BERSAL  
Jefe de Laboratorio

Muestreo realizado por TECNOLÓGICO AMBIENTAL LTDA.  
Se autoriza el uso de los datos para fines académicos.  
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de TECNOLÓGICO AMBIENTAL LTDA.  
T1-000549E.V08

44  
21  
FIN DEL RESULTADO



**TECNO Ambiental Ltda.**  
A. S. E. S. O. R. I. O. Y. I. N. D. U. S. T. R. I. A. L.

Bonaventura 27 No. 29C-24 Barrio El Empalme - Matamoros  
Teléfono: 664 3618 - 664 1235  
e-mail: tecno@tecnoambiental.com

Página 2 de 4

**RESULTADO DE ANALISIS**

T.A. 6073



**MUESTRA No. 2**  
**Selección:** SACORQUANA S.A.  
**Contacto:** LABORIO PALACIOS

**Clase de muestra:** Agua residual industrial  
**Fecha de toma:** diciembre 15, 2007  
**Departamento:** Mérida  
**Versada/Barrío:** Simón Bolívar  
**Punto:** Salda P104E-1140385 N. 832590  
**Fecha Recepción:** diciembre 16, 2007

**Dirección:** Barrio Simón Bolívar - Coronata, Mérida  
**Teléfono:** (999) 6667337  
**Tipo de muestra:** Compuada  
**Hora de Toma:** 8:45 pm. a 11:15 p.m.  
**Municipio:** Coronata  
**Cuadrante:** P104E  
**Lugar de muestreo:** Planta de sacros SACORQUANA S.A.  
**Fecha de emisión del reporte:** diciembre 22, 2007

ITEM No.	PH (pH)	BRUMAS Y ACIDENTES (mg/l)	ODR (ppm O <sub>2</sub> )	ODR (ppm O <sub>2</sub> )	ODR (ppm O <sub>2</sub> )	ODR (ppm O <sub>2</sub> )	ODR (ppm O <sub>2</sub> )	ODR (ppm O <sub>2</sub> )	ODR (ppm O <sub>2</sub> )	ODR (ppm O <sub>2</sub> )
1	6.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	6.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	6.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	6.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	6.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	6.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	6.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	6.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	6.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	6.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	6.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	6.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.74										

*[Signature]*  
**MIGUEL ROSARIO BERNAL**  
Jefe de Laboratorio

Muestra realizada por: TECNO Ambiental Ltda.  
Resultados válidos únicamente para los indicadores analizados.  
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de TECNO Ambiental Ltda.  
TPO0565E000

42 22

FIN DEL RESULTADO

42



**TECNO Ambiental Ltda.**  
Asesoría y Laboratorio

Travesía 27 No. 39E-24 Barrio El Emporio - Vicerrectado  
Teléfono: 654 3618 - 654 1235  
e-mail: tecnocomb@telcel.net.co

43  
23

**RESULTADO DE ANALISIS**

Página 3 de 4

T.A. 6074



**MUESTRA No. 3**  
**Solicitante:** SACRIGANA S.A. **Dirección:** Barrio Simón Bolívar - Granada, Meta  
**Contacto:** LIBORIO PALACIOS **Telefonos:** (088) 6587337  
**Clase de muestra:** Agua superficial **Tipo de muestra:** Puntual  
**Fecha de toma:** diciembre 15, 2007 **Hora de Toma:** 7:30 p.m.  
**Departamento:** Meta **Municipio:** Granada  
**Vereda/Barrio:** Simón Bolívar **Fuente:** Caño Sibao  
**Punto:** Aguas arriba del vertimiento **Lugar de muestreo:** Planta de sacrificio SACRIGANA S.A.  
**Fecha Recepción:** diciembre 16, 2007 **Fecha de emisión del reporte:** diciembre 22, 2007

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
D.O. <sub>2</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	SM 5210 B	2
D.Q.O.	mg O <sub>2</sub> /L	SM 5220 C	15
GRASAS Y ACEITES	mg/l	SM 4500 - P D	< 0,5
pH	UN	SM 4500 H+ B	6,29
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	SM 2540 D	7
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO			
COULIFORMES TOTALES	NMP/100ml	SM 9223 B	64880
E. COLI	NMP/100ml	SM 9223 B	10500

Ma. CONSUELO RUBIO BERNAL  
Jefe de Laboratorio

Muestreo realizado por TECNIA Ambiental Ltda.  
 Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas.  
 Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de TECNIA Ambiental Ltda.

TF055/REV0

FIN DEL RESULTADO



**TECNO Ambiental Ltda.**  
Asesoría y Laboratorio

Transversal 27 No. 37E-34 Barrio B Emporio - Villavicencio  
Teléfono: 664 3518 - 664 1335  
e-mail: tecnicoamb@etelnet.co

49  
26

**RESULTADO DE ANALISIS**

Página 4 de 4

T.A. 6075

**MUESTRA No.** 4  
**Solicitante:** SACRIGANA S.A. **Dirección:** Barrio Simón Bolívar - Granada, Meta  
**Contacto:** LIBORIO PALACIOS **Telefonos:** (066) 6587337

**Clase de muestra:** Agua superficial **Tipo de muestra:** Puntual  
**Fecha de toma:** diciembre 15, 2007 **Hora de Toma:** 7:40 p.m.  
**Departamento:** Meta **Municipio:** Granada  
**Vereda/Barrio:** Simón Bolívar **Fuente:** Calle Sibao  
**Punto:** Aguas abajo del vertimiento **Lugar de muestreo:** Planta de sacrificio SACRIGANA S.A.  
**Fecha Recepción:** diciembre 16, 2007 **Fecha de emisión del reporte:** diciembre 22, 2007



ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
D.B.O <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	SM 5210 B	57
D.Q.O.	mg O <sub>2</sub> /L	SM 5220 C	123
GRASAS Y ACEITES	mg /L	SM 4500 - P D	2.7
pH	UN	SM 4500 H+ B	6.61
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	SM 2540 D	15
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO			
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	SM 9223 B	241900
E. COLI	NMP/100ml	SM 9223 B	104620

Ma. CONSUELO RUBIO BERNAL  
Jefa de Laboratorio

Muestreo realizado por TECNO Ambiental Ltda.  
Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas  
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de TECNO Ambiental Ltda.

TP0055/REV01

FIN DEL RESULTADO