

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **EVALUACIÓN FÍSICO- QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS DESCARGAS RESIDUALES HOSPITALARIAS, DE UNA CASA DE SALUD UBICADA EN EL SUR DE QUITO.**

#### **TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**Luis Fabricio Buenaño Pulgarin**

[luis.buenano@epn.edu.ec](mailto:luis.buenano@epn.edu.ec)

**DIRECTORA: Ing. Sandra Panchi Jima, M.Sc.**

[sandra.panchi@epn.edu.ec](mailto:sandra.panchi@epn.edu.ec)

**CODIRECTOR: Ing. César Narváez, M.Sc.**

[cesar.narvaez@epn.edu.ec](mailto:cesar.narvaez@epn.edu.ec)

**Quito, noviembre 2021**

# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Buenaño Pulgarin Luis Fabricio como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:

---

**Ing. Sandra Panchi, M.Sc.**

DIRECTORA DEL  
PROYECTO

---

**Ing. César Narváez, M.Sc.**

CODIRECTOR  
DEL PROYECTO

## DECLARACIÓN

Yo, Luis Fabricio Buenaño Pulgarin con CI: 1718497991 declaro bajo juramento que el trabajo descrito aquí es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



---

**Luis Fabricio Buenaño Pulgarin**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es producto de mi esfuerzo y responsabilidad durante el desarrollo de mi carrera y vida universitaria, dedico con amor y respeto a mi esposa e hija, familiares quienes me han apoyado en las circunstancias más difíciles y adversas. Que en efecto me ayudaron a culminar esta etapa de mi vida para poder cumplir con mis metas y objetivos que me he propuesto.

También dedico este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, por haberme impuesto los conocimientos más valiosos que de seguro me ayudaran en mi vida profesional.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Objetivos .....	2
1.1.1	Objetivo General .....	2
1.1.2	Objetivos Específicos.....	2
1.2	Planteamiento del problema.....	2
1.3	Justificación.....	3
1.4	Alcance .....	3
1.5	Fundamentación teórica .....	3
1.5.1	Definiciones.....	3
1.5.2	Efluentes hospitalarios.....	6
1.5.3	Trampa de grasas .....	7
1.5.4	Planta de inertización.....	8
1.5.5	Muestreo .....	9
1.6	Parámetros de medición.....	10
1.6.1	Parámetros in situ .....	10
1.6.2	Parámetros químicos .....	11
1.6.3	Parámetros microbiológicos .....	14
1.7	Fases de tratamiento de aguas residuales .....	15
1.7.1	Tipos de desinfección .....	17
2	Metodología.....	20
2.1	Descripción general del hospital.....	20
2.2	Sistema de evacuación de las aguas residuales del hospital .....	20
2.2.1	Sistema de transporte de aguas residuales del hospital .....	20
2.2.2	Tuberías de cemento .....	21
2.2.3	Canales de drenaje .....	21
2.2.4	Recolección del agua pluvial .....	22

2.2.5 Pozos de revisión.....	23
2.2.6 Cajas de empalme .....	23
2.3 Evaluación de las aguas residuales .....	24
2.3.1 Plan de muestreo .....	25
2.3.2 Descripción de los puntos de muestreo .....	29
2.3.3 Ruta para toma de muestra .....	31
2.3.4 Consideraciones específicas .....	33
2.3.5 Almacenamiento y preservación para cada parámetro .....	34
2.3.6 Equipos empleados en el muestreo in situ.....	35
2.3.7 Métodos empleados en los ensayos de laboratorio.....	36
2.4 Consideraciones previas a la optimización .....	37
2.4.1 Descripción general del sistema de trampa de grasas .....	37
2.4.2 Descripción general planta de inertización.....	38
2.4.3 Estructura y material de los procesos unitarios .....	39
2.4.4 Diagrama de los procesos de tratamiento.....	43
2.4.5 Representación en AutoCAD.....	44
3 Resultados y discusión .....	47
3.1 Identificación de los sistemas de conducción de las aguas residuales y hospitalarias existentes de la casa de salud.....	47
3.2 Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales provenientes de la casa de salud. ....	49
3.2.1 Descargas hospitalarias.....	61
3.3 Propuesta del plan de optimización de los procesos de tratamiento de agua residual existentes. ....	64
4 Conclusiones y recomendaciones .....	64
4.1 Conclusiones.....	64
4.2 Recomendaciones .....	65
5 Referencias bibliográficas.....	66
6 Anexos.....	70

Anexo 1. Planos: Ubicación y red sanitaria externa del hospital .....	71
Anexo 2. Identificación de direcciones de flujo de pozos y cajas de empalme ....	77
Anexo 3. Muestreo en el emisario final.....	77
Anexo 4. Muestreo en el sistema de trampas de grasas .....	78
Anexo 5. Muestreo en la planta de inertización .....	79
Anexo 6. Almacenamiento y preservación de las muestras de agua .....	79
Anexo 7. Análisis de muestras de agua en el laboratorio .....	80
Anexo 8. Plan de optimización de los procesos de tratamiento .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema de funcionamiento del pretratamiento .....	15
<b>Figura 2.</b> Ejemplo de tratamiento primario .....	16
<b>Figura 3.</b> Ejemplo de tratamiento secundario .....	17
<b>Figura 4.</b> Ejemplo de tratamiento terciario .....	17
<b>Figura 5.</b> Proceso de evacuación de AR hospital .....	20
<b>Figura 6.</b> Tubería de cemento .....	21
<b>Figura 7.</b> Canales de agua lluvia.....	22
<b>Figura 8.</b> Recolección de agua lluvia en tuberías de PVC .....	22
<b>Figura 9.</b> Recolección de aguas lluvia en las aceras.....	23
<b>Figura 10.</b> Pozos de revisión .....	23
<b>Figura 11.</b> Cajas de empalme .....	23
<b>Figura 12.</b> Muestreo en el emisario final .....	29
<b>Figura 13.</b> Muestreo en la planta de inertización .....	30
<b>Figura 14.</b> Muestreo en la pre-trampa de grasas.....	30
<b>Figura 15.</b> Muestreo en la trampa de grasas secundaria .....	31
<b>Figura 16.</b> Muestreo en la trampa de grasas principal .....	31
<b>Figura 17.</b> Trampa de grasas secundaria .....	40
<b>Figura 18.</b> Trampa de grasas principal .....	41
<b>Figura 19.</b> Proceso de inertización.....	42
<b>Figura 20.</b> Esquema de los procesos unitarios.....	43
<b>Figura 21.</b> Vista superior de la trampa de grasas secundaria .....	44
<b>Figura 22.</b> Vista lateral de la trampa de grasas secundaria .....	44
<b>Figura 23.</b> Vista frontal de la trampa de grasas secundaria .....	44
<b>Figura 24.</b> Vista superior de la trampa de grasas principal .....	45
<b>Figura 25.</b> Vista lateral de la trampa de grasas principal .....	45
<b>Figura 26.</b> Vista frontal de la trampa de grasas principal .....	45
<b>Figura 27.</b> Vista superior del proceso de inertización.....	46
<b>Figura 28.</b> Valores de turbidez de los afluentes y efluentes del hospital .....	51
<b>Figura 29.</b> Valores de oxígeno disuelto de los afluentes y efluentes del hospital.....	51
<b>Figura 30.</b> Valores reportados de pH de los afluentes y efluentes del hospital.....	52
<b>Figura 31.</b> Valores reportados de la temperatura del hospital del sur de quito. ....	52
<b>Figura 32.</b> Reporte de valores hierro en el proceso de inertización.....	53
<b>Figura 33.</b> Valores reportados de nitritos en el proceso de inertización .....	53



<b>Figura 34.</b> Reporte de nitratos del proceso de inertización .....	54
<b>Figura 35.</b> Valores de fosfatos en el proceso de inertización.....	54
<b>Figura 36.</b> Valores reportados de sólidos totales en el emisario final .....	55
<b>Figura 37.</b> Valores reportados de sólidos disueltos totales en el emisario final .....	55
<b>Figura 38.</b> Valores reportados de SST en el emisario final .....	56
<b>Figura 39.</b> Valores obtenidos DBO5 en el emisario final .....	56
<b>Figura 40.</b> Valores reportados de la DQO del hospital .....	57
<b>Figura 41.</b> Valores reportados de grasas y aceites del hospital.....	57
<b>Figura 42.</b> Valores reportados de SAAM del hospital.....	58
<b>Figura 43.</b> Valores reportados de fenoles en el emisario final .....	58
<b>Figura 44.</b> Valores reportados de zinc en el emisario final.....	59
<b>Figura 45.</b> Valores reportados de cadmio en el emisario final .....	59
<b>Figura 46.</b> Valores reportados de mercurio en el emisario final .....	60
<b>Figura 47.</b> Valores reportados de coliformes totales en el emisario final.....	60
<b>Figura 48.</b> Valores reportados de coliformes fecales en el emisario final.....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Principales contaminantes en AR. ....	6
<b>Tabla 2.</b> Ventajas y desventajas de los desinfectantes. ....	18
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de estudio TULSMA, libro VI, Anexo I. ....	19
<b>Tabla 4.</b> Parámetros de análisis en el emisario final. ....	26
<b>Tabla 5.</b> Parámetros de análisis en el proceso de inertización. ....	27
<b>Tabla 6.</b> Parámetros de análisis para la pre-trampa de grasas. ....	28
<b>Tabla 7.</b> Parámetros de análisis para la trampa de grasas principal y secundaria. ....	29
<b>Tabla 8.</b> Consideraciones para la toma de muestra. ....	33
<b>Tabla 9.</b> Preservación y almacenamiento de muestra. ....	34
<b>Tabla 10.</b> Generalidades de los equipos empleados en el muestreo. ....	35
<b>Tabla 11.</b> Métodos de los ensayos usados en el laboratorio. ....	36
<b>Tabla 12.</b> Partes y materiales de la pre-trampa de grasas. ....	39
<b>Tabla 13.</b> Partes y materiales de la pre-trampa de grasas. ....	40
<b>Tabla 14.</b> Partes y materiales de la trampa de grasas principal. ....	40
<b>Tabla 15.</b> Partes y materiales de la planta de inertización. ....	41
<b>Tabla 16.</b> Áreas del hospital que generan aguas residuales. ....	47
<b>Tabla 17.</b> Efluentes que se tratan en el hospital. ....	47
<b>Tabla 18.</b> Generalidades, conducción de aguas residuales. ....	48
<b>Tabla 19.</b> Resultados de la caracterización físico - química y microbiológica. ....	49
<b>Tabla 20</b> Datos de la dosificación aplicada en el proceso de inertización. ....	82
<b>Tabla 21</b> Valores de dosificación del proceso de inertización. ....	83
<b>Tabla 22</b> Remoción de turbidez en el proceso de inertización. ....	84
<b>Tabla 23</b> Métodos para disminuir el pH. ....	84
<b>Tabla 24</b> Medidas correctivas para la optimización de la trampa de grasas. ....	86
<b>Tabla 25</b> Porcentajes de remoción del sistema de trampas de grasa. ....	87

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación muestra la evaluación física, química y microbiológica de las descargas residuales de una casa de salud ubicada en el sur de Quito, sector Quitumbe.

La identificación del sistema de conducción de aguas residuales incluye actividades como la lectura de hojas de procedimiento de cada uno de los procesos unitarios y el seccionamiento del sistema de recolección de aguas residuales del hospital en el software AutoCAD. En el hospital, las principales áreas donde se generan aguas residuales son en el quirófano (sala de cirugías), cocina y cafetería.

Se caracterizó el efluente mediante parámetros físico-químicos como: turbidez, OD, pH, Temperatura, ST, SDT, DBO5, DQO, grasas/aceites, SAAM, Fenoles, Zinc, Cadmio, Mercurio y parámetros microbiológicos como: coliformes fecales y totales. Estos parámetros fueron considerados en el análisis, debido a que son los principales contaminantes de las descargas hospitalarias.

Los resultados obtenidos en el laboratorio, del emisario final. En su mayoría cumple con los límites máximos permisibles de descarga, a excepción de las sustancias activas al azul de metileno (SAAM). El proceso de inertización y el sistema de trampa de grasas, a la actualidad se encuentran funcionando por lo que también fueron caracterizados con parámetros puntuales, antes mencionados.

Para elaboración del plan de optimización y el mejoramiento de cada uno de los sistemas de tratamiento, se recopiló información de los procesos mediante la lectura de fichas técnicas, datos del fabricante y datos proporcionados por el personal de mantenimiento.

La caracterización en la entrada y salida de los procesos, permitió conocer con detalle el funcionamiento y la recopilación de valores en el laboratorio, para determinar la biodegradabilidad de las aguas residuales muestreadas y la eficiencia que tiene cada proceso.

**PALABRAS CLAVES:** Proceso de inertización, sistema de trampa de grasas, plano sanitario, aguas residuales, emisario final, Institución de salud.

## ABSTRACT

This degree study shows the physical, chemical and microbiological evaluation of the wastewater discharges of a health care center located in the south of Quito, Quitumbe sector.

The identification of the wastewater conduction system includes activities such as the reading of procedure sheets of each of the unit processes and the sectioning of the hospital's wastewater collection system in AutoCAD software. In the hospital, the main areas where wastewater is generated are the operating room (surgery room), kitchen, and cafeteria.

The effluent was characterized by physicochemical parameters such as: turbidity, DO, pH, Temperature, ST, TDS, BOD5, COD, fats/oils, SAAM, Phenols, Zinc, Cadmium, Mercury and microbiological parameters such as: fecal and total coliforms. These parameters were considered in the analysis because they are the main pollutants in hospital discharges.

The results obtained in the laboratory from the final outfall. Most of them comply with the maximum permissible discharge limits, with the exception of methylene blue active substances (SAAM). The inertization process and the grease trap system are currently in operation and were also characterized with the aforementioned specific parameters.

To prepare the optimization and improvement plan for each of the treatment systems, information on the processes was collected by reading technical data sheets, manufacturer's data and data provided by maintenance personnel.

The characterization at the input and output of the processes, allowed to know in detail the operation and the collection of values in the laboratory, to determine the biodegradability of the sampled wastewater and the efficiency of each process.

**KEY WORDS:** Inertization process, grease trap system, sanitary plan, wastewater, final outfall, health institution.

# 1 Introducción

El recurso hídrico es indispensable para la vida del ser humano, de tal modo que, una vez utilizado, su tratamiento debe ser prioritario. En el Ecuador, los residuos líquidos que provienen de casas de salud no se pueden descargar directamente al alcantarillado debido a la normativa actual que rige en el país. Los residuos líquidos y semilíquidos deben ser tratados con una planta de tratamiento y a su vez, deben cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa.

La contaminación de ecosistemas acuáticos es uno de los factores con mayor impacto sobre la salud del ser humano. Las descargas hospitalarias tienen la mayor fuente de contaminación emergente de diferentes procesos como las deposiciones de los individuos, residuos y desechos hospitalarios (Muñoz, 2018).

Las aguas residuales provenientes de los hospitales requieren un arduo tratamiento debido a una larga lista de contaminantes con una alta concentración de virus y bacterias patógenas. Principalmente se encuentran en pequeñas cantidades, pero contienen un alto grado de peligrosidad (Baquero, 2008).

Los coliformes, enterobacterias, virus, solventes, químicos y metales pesados componen una compleja sustancia que, por su característica, genotóxica y mutagénica puede llegar a tener una interacción sinérgica y antagónica con el medioambiente (Baquero, 2008).

Los principales compuestos en las descargas hospitalarias son los antibióticos que son suministrados oralmente y son excretados por medio de la orina o heces, estos presentan baja biodegradabilidad ya que no son metabolizados después de ser consumidos, según investigaciones actuales.

Es de importancia plantear una investigación que nos permita evaluar la proporción en que los residuos líquidos que son vertidos al sistema de alcantarillado incumplen con la normativa vigente. Con la información obtenida se conocerá si realmente los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se encuentran dentro de los límites permisibles o se encuentran elevados y sugerir medidas correctivas en el sistema de trampas de grasas y proceso de inertización, con la finalidad de aportar al desarrollo del hospital y a la gestión de residuos líquidos.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

- Analizar la calidad de las descargas residuales generadas en la casa de salud en el sur de Quito.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los sistemas de conducción de las aguas residuales y hospitalarias existentes de la casa de salud.
- Examinar las aguas residuales provenientes de la casa de salud mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- Elaborar una propuesta de un plan de optimización de los procesos de tratamiento de agua residual existentes.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La sobreexplotación de recursos naturales, así como el uso inadecuado y el consumo excesivo del agua en el Ecuador son varios de los factores que ponen en peligro a los recursos hídricos. En el país, el crecimiento poblacional ha causado que la demanda de agua crezca en un 16%, como lo afirmó la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

Ecuador presenta elevados porcentajes de cobertura de saneamiento y agua a nivel nacional. Según Senplades, en el 2012 la cobertura de saneamiento ambiental fue del 93.2% y de agua potable del 74.5%, en 2016 el acceso hacia la red pública alcanzó un porcentaje de 83.6%. La principal carga contaminante en aguas superficiales es la presencia de material fecal, materia orgánica, sólidos, virus, bacterias, solventes, metales pesados y productos farmacéuticos (SOTO, 2012).

Las casas de salud tienen una fuerte incidencia de contaminación emergente de sus laboratorios, químicos, excreciones, descargas de líquidos, virus patógenos y de bacterias (León, 2015).

En la actualidad la institución de salud no cuenta con una planta de tratamiento apropiada, únicamente cuenta con procesos de tratamiento unitarios, que ayudan a reducir la carga contaminante de las aguas residuales

La evaluación de calidad de agua tanto en el afluente y efluente permitirá obtener datos para establecer si las descargas hospitalarias cumplen con los límites establecidos.

## **1.3 Justificación**

La casa de salud ubicada al sur de Quito es una de las más importantes para los habitantes del cantón Quito y sus alrededores. Por esta razón, esta institución se ve en la necesidad de conocer el cumplimiento que se está dando a la normativa de límites permisibles de descarga al alcantarillado público. Libro VI, Anexo 1, Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Mediante los parámetros y valores obtenidos se dará a conocer los riesgos y problemas medioambientales que se pueden generar al verter sustancias al desagüe sin tratamiento previo.

## **1.4 Alcance**

Este proyecto tiene como finalidad realizar una evaluación fisicoquímica y microbiológica de las descargas generadas en la casa de salud e identificar si los parámetros se manejan y tratan adecuadamente en el hospital.

Los datos de la caracterización de los afluentes y efluentes e identificación de los sistemas de evacuación de las aguas residuales, con las que actualmente cuenta la institución de salud serán utilizados para generar una propuesta de optimización de los procesos unitarios de tratamiento.

Para que en un futuro se puedan llevar a cabo acciones que permitan generar líneas base para la implementación de una planta de tratamiento o nuevos procesos unitarios que complementen los procesos ya establecidos.

## **1.5 Fundamentación teórica**

### **1.5.1 Definiciones**

#### **Carga máxima permisible**

Valor máximo permitido de descarga de un producto o elementos (parámetros que están establecidos en Libro VI del TULSMA) que proporciona seguridad ante una posible contaminación y que podría poner en peligro al curso hídrico.

**Según la OMS clasifica a los desechos sanitarios como:**

#### **Desechos patológicos**

Son todos aquellos desechos como órganos, tejidos, sangre, excreciones humanas, fetos, partes del cuerpo humano, cadáveres de animales.

### **Desechos infecciosos**

Son todos aquellos desechos que tiene una gran concentración, cantidad de microorganismos, que pueden llegar a causar enfermedades en huéspedes susceptibles (sangre, tejidos, fluidos de pacientes infectados).

### **Desechos farmacéuticos**

Materiales descartables utilizados en la manipulación y envasado como guantes, envases, envases con residuos. Los productos farmacéuticos como los sueros, vacunas, drogas y estimulantes caducados también son considerados como desechos farmacéuticos.

### **Desechos químicos**

Los desechos químicos pueden ser gaseosos, sólidos y líquidos, estos se consideran peligrosos ya que pueden tener características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables.

### **Desechos genotóxicos**

Son desechos con propiedades cancerígenas y mutagénicas, el principal componente que estas tiene son las drogas citotóxicas y antineoplásicas que provienen de heces, secreciones y excreciones.

### **Desechos contagiosos**

Se generan en salas donde se ejecutan exámenes, servicios de laboratorio como patológico, clínico, bacteriológica y salas de cirugía que pueden ser líquidos como secreciones corporales, líquidos amnióticos, fluidos cerebrales, sudor, vómito y orina. Sólidos constituidos por elementos desechables como jeringas, recipientes, cuchillas, bisturí, sondas y gases en general.

### **Metales pesados**

Constituido principalmente por estar presentes en materiales de uso común, así como termómetros, esfigmomanómetros, etc.

### **Sedimentación**

Es la remoción de las partículas sólidas por efecto de gravedad, en donde las partículas suspendidas tienden a descender al fondo del recipiente.



La sedimentación es un proceso físico que constituye uno de los muchos procesos utilizados en el tratamiento de agua que nos permite conseguir la clarificación. El proceso tiene una relación directa con la caída de las partículas por gravedad en el agua. También conocido como un proceso donde se precipitan partículas transportadas por distintos medios como la gravedad, escorrentías y viento, también se usan términos para definir la sedimentación como clarificación y espesamiento (Ingeniería sanitaria redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales, 1994).

### **Hipoclorito de sodio**

Es un agente desinfectante fuerte.

### **Muestreo**

Es un proceso donde se toma una porción representativa del volumen de agua para un análisis de varias características.

### **Punto de muestreo**

Lugar de extracción para la toma de muestra.

### **Laboratorio acreditado**

Persona jurídica, pública o privada que realizan análisis físicos, químicos y microbiológicos en muestras de agua, se encuentra autorizado en el servicio de acreditación ecuatoriano. ("Laboratorios acreditados realizan ensayos fisicoquímicos del agua – Servicio de Acreditación Ecuatoriano", 2021).

### **Sistema público de alcantarillado**

Son conductos subterráneos que transportan el agua residual (Zarza, 2021).

### **Aguas residuales**

Las descargas de aguas residuales hospitalarias tienen una composición muy variada ya que son el producto de tratamientos recibidos, industria farmacéutica y la estadía de los pacientes en el hospital.

La compleja y elevada carga de las aguas residuales de los hospitales suelen ser perjudiciales para la descarga hacia un cuerpo receptor y al medioambiente en general, el principal problema que se tiene es que en los tratamientos biológicos de los hospitales la relación de la DBO5 y DQO es muy baja, esta provoca que no sea eficiente para poder disminuir la carga contaminante, debido a los factores antes mencionados (Romero, 2004).

La tabla 1 muestra los principales contaminantes e impactos ambientales.

**Tabla 1.** Principales contaminantes en AR.

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>PARÁMETROS</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>
Materia suspendida	SST, SSV	Depósito de lodos, turbiedad
Materia orgánica biodegradable	DBO, DQO	Olores indeseables, desoxigenación
Patógenos	CF	Contaminación del agua, insegura beber
Iones de hidrogeno	pH	Riesgos potenciales para los microorganismos acuáticos

**Fuente:** Tratamiento de aguas residuales (Romero, 2004)

Las aguas residuales que provienen de hospitales tienen como principales características los contaminantes emergentes, producto de actividades e interacciones humanas durante la estadía y el tratamiento de pacientes, según (Ortega Rodríguez, 2012). Los componentes emergentes son complejos de remover debido a que estudios han demostrado que los tratamientos convencionales no logran remover ni retener completamente los contaminantes emergentes.

### **Riesgos**

Los desechos hospitalarios constituyen un alto riesgo en aguas residuales, por las diversas cargas contaminantes de microorganismos, sustancias radioactivas y líquidos como la sangre, que, si bien no poseen propiedades cortopunzantes, poseen una gran carga de microorganismos vivos que pueden afectar la flora y fauna de los ecosistemas ("Desechos de las actividades de atención sanitaria", 2018).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), Los riesgos de las aguas residuales están relacionadas a las enfermedades como: parasitosis, faringoamigdalitis, infecciones respiratorias, diarrea aguada, pio dermatitis, ITS.

### **1.5.2 Efluentes hospitalarios**

Las descargas de aguas residuales hospitalarias tienen una composición muy variada debido a que contienen una gran cantidad de microorganismos patógenos y sustancias que tienen una diversa toxicidad, como productos de higiene personal, fármacos y desinfectantes (Munoz, 2018).

### **1.5.3 Trampa de grasas**

La trampa de grasas es una estructura rectangular que funciona mediante un proceso de sedimentación que retiene los sólidos en suspensión y flotación, así como también el material graso. El sistema de trampa de grasas está fundamentado en la separación gravitacional. La trampa de grasa tiene 2 compartimentos y ambos se encuentran separados por una rejilla que evita el paso de los sólidos ("Trampas de grasa", 2018).

La densidad que difiere entre la grasa y el agua, la baja velocidad es aprovechada para realizar la separación de estos 2 líquidos, mientras que también se realiza la retención de sólidos en menor grado, normalmente las pantallas están compuestas de material como mampostería y concreto ("Trampas de grasa", 2018).

La primera pantalla de la trampa de grasas retiene el flujo y obliga a que el líquido pase por la parte baja, mientras que la segunda pantalla permite el paso de flujo similar a la de un vertedero, logrando así que el paso se regule y obtener una velocidad constante. Es importante que el desagüe posterior de la trampa de grasa tenga un sifón para evitar los posibles malos olores que se puedan originar.

La trampa debe contar con un drenaje y una llave de cierre rápido que permita la evacuación de precipitados, limpieza y mantenimiento para evitar emplear mangueras y otros accesorios ("Trampas de grasa", 2018).

En la trampa de grasas también ingresan tensoactivos como:

#### **Tensoactivos**

Son conocidos también como surfactantes o tensioactivos, definidas como sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre una fase dual. Las sustancias sintéticas que se usan regularmente en el lavado, entre las que se tiene: jabón, lavavajillas, champús, acondicionadores, geles de ducha. La estructura molecular se compone de una parte hidrófuga y otra soluble en el agua (Salager, 2002).

#### **Tensoactivos aniónicos**

Son de mayor volumen producidos en escala industrial y son los más usados a nivel doméstico por el precio/efectividad (jabones).

### **Tensoactivos catiónicos**

Son conocidos por ser bactericidas, ya que pueden llegar a eliminar diferentes tipos de microorganismos.

### **Tensoactivos no iónicos**

Son empleados frecuentemente para lavar vajillas, ya que estos no forman grandes cantidades de espuma.

### **Tensoactivos anfóteros**

Conocidos por ser empleados en las duchas, champús y cremas de baño.

### **Grasas y aceites**

Los triglicéridos sólidos en temperatura ambiente se denominan grasas, mientras que los triglicéridos líquidos son conocidos como aceites. La composición se obtiene a partir de fuentes animales y vegetales, constituidos principalmente por triglicéridos, que son esteres de una molécula llamada glicerina con 3 ácidos grasos (Guzman Marlon, 2008).

Las grasas son insolubles y tienen una densidad inferior que el agua, entre las grasas comestibles y que principalmente se encuentran en las cocinas tenemos a la mantequilla, manteca y crema.

### **1.5.4 Planta de inertización**

Es un sistema temporizado que trata los residuos líquidos peligrosos mediante un procedimiento químico de desinfección. Los reactivos reaccionan con los agentes activos indeseados para formar sustancias inocuas químicamente estables, funciona mediante un equipo dosificador de cloro, agua y aire, según el fabricante.

La planta de inertización usa un método de desinfección con hipoclorito de sodio, agua y aire. Las tuberías del vertedero clínico, lavamopa, lavachata transportan las aguas contaminadas con sangre del hospital, que son el producto de intervenciones e incisiones quirúrgicas que se realizan en el cuerpo humano, así como la extracción de órganos.

### **Hipoclorito de sodio**

El hipoclorito de sodio es un compuesto químico, fuertemente oxidante, cuya fórmula es NaClO. El cloro contiene un estado de oxidación +1, conocido por ser económico es usado ampliamente como un desinfectante y blanqueador.

El NaClO es usado también en procesos de potabilización de agua debido a sus características oxidantes, bactericida y fungicida, también usado ampliamente en la limpieza de superficies. En una disolución acuosa el hipoclorito de sodio es estable en un pH básico y puede llegar a ser irritante cuando el pH es  $\geq 11$ , para contrarrestar el pH básico se utiliza ácido acético.

El ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) también puede ser usado como alternativa al ácido acético, ya que la producción de gases dañinos es menor, el ácido sulfúrico reacciona vigorosamente con sustancias bases y tiende a bajar el pH (Lenntech, 2020).

### **1.5.5 Muestreo**

El muestreo tiene un propósito muy específico que es conocer la calidad físico, química y microbiológica de las descargas de aguas residuales hospitalarias.

La hora y día de muestreo, influye directamente en la medida de los parámetros que se van a determinar, ya que se debe considerar las horas pico y de mayor actividad en la institución de salud ("INEN", 2013).

#### **Almacenamiento y recipientes para las muestras.**

- Frascos para análisis microbiológicos.
- Frascos plásticos, vidrios aforados
- Frascos desechables
- Cooler para preservar muestras

#### **Materiales para muestreo**

##### **a) EPP (Equipo de Protección Personal)**

- Overoles
- Guantes de nitrilo, mascarillas N95
- Gafas protectoras, alcohol, gel anti bacterial

##### **b) Materiales**

- Tapas, cuerda
- Equipo de medición en campo, reactivos y preservantes.
- Hieleras.
- Cadena de custodia, libreta de campo y lapicero

## **1.6 Parámetros de medición.**

### **1.6.1 Parámetros in situ**

#### **Turbiedad**

La turbiedad es una medida del grado de transparencia que tiene el líquido, este es un parámetro muy importante en la caracterización de las aguas residuales, ya que nos permite conocer la medida de los sólidos que se encuentran suspendidos. Por principio se tiene que, mientras el agua sea más turbia, menor calidad tiene y si el agua tiene poca turbidez, es de mejor calidad, es decir menor contaminación (Cruz Amílcar, 2008).

Las partículas suspendidas absorben los rayos solares y limitan el proceso de la fotosíntesis en las plantas, así como también estas aguas se vuelven más calientes.

#### **Oxígeno disuelto**

En general, es la concentración de oxígeno que hay en el agua y esta tiene una gran incidencia en el desarrollo de la vida, el OD varía de acuerdo con la temperatura. En el tratamiento biológico el OD es de mucha importancia ya que los microorganismos nos ayudan a biodegradar la materia presente en el agua y para desarrollar este proceso se necesita niveles de OD superiores a 6 mg/L ("CMA", 2021).

#### **Potencial de hidrógeno**

Es la medida de la concentración del ion hidrogeno presente en el agua, el intervalo adecuado de pH (neutro) es entre 5 y 9. En los procesos de tratamiento si, el pH es  $> 9$  y  $< 5$  dificulta el tratamiento en los procesos biológicos, si el pH es ácido favorece la aparición de hongos y si el pH es básico, se forma nitrógeno amoniacal de manera gaseosa, es decir no iónica  $\text{NH}_3$ , la cual resulta tóxica (Vargas, 2012, p.11).

#### **Temperatura**

La medición de la temperatura es importante, debido a que muchos de los procesos unitarios de tratamiento reciben agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. Estos afectan a los procesos biológicos directamente, ya que la velocidad de reacción y reacciones químicas pueden llegar a cambiar, así como también la reducción del oxígeno disuelto.

Según (Prácticas de Microbiología, 2021), La temperatura óptima para la actividad microbiana es de 25 a 45 grados centígrados.

- *Hipertermófilos*: organismos en su mayoría arqueas, su temperatura ideal es  $>80$  °C

- *Termófilos*: microorganismos de vida libre, temperatura ideal entre 45-70°C
- *Psicótrofos*: organismos de vida libre que se desarrollan entre 25-30°C
- *Psicrófilos*: temperatura ideal de desarrollo entre los 12-15°C

## 1.6.2 Parámetros químicos

### Fosfato

Los fosfatos son indicadores muy importantes de la eutrofización, debido a que, según estudios, 1 gramo de fosfato-fosforo ( $PO_4 - P$ ) puede provocar el crecimiento de 100 g de algas ("Eliminación y determinación de fosfato", 2021).

El crecimiento desmesurado de algas afecta de manera crítica el oxígeno disuelto en el agua, ya que evitan la interacción entre la superficie de agua y la atmósfera. Lo que puede llegar a generar graves consecuencias en el ecosistema.

En la actualidad, los fosfatos son usados en la nutrición de pacientes pediátricos, adultos mayores, estreñimiento e indigestión, según estudios, los fosfatos ayudan a tratar los altos niveles de calcio en la sangre (hipercalcemia) y enfermedades renales (nefrolitiasis) (Principal et al., 2021).

### Nitritos/ Nitratos

Los niveles de los nitritos y nitratos son indicadores importantes en la caracterización de la calidad del agua, principalmente tienen relación con el ciclo del nitrógeno en el suelo y plantas. Los fertilizantes aplicados en el suelo hacen que los niveles suban de manera considerable. La ingesta y la acción microbiana nitrificante sobre alimentos, frutas, verduras y vegetales que se producen en el ambiente y en el tubo digestivo de los seres vivos, son excretados mediante las heces y la orina, por lo que, si bien no se consideran tóxicos, son indicadores muy importantes de la contaminación fecal de las aguas superficiales (Cabrera Molina et al., 2021).

La ingesta de grandes cantidades de nitratos conduce un efecto diurético, mientras que la ingesta de grandes cantidades de nitritos produce compuestos cancerígenos llamados nitrosaminas presentes en la tocino, jamón, embutidos y mortadela. Los nitritos reaccionan con la hemoglobina, forman la metahemoglobina que produce la enfermedad de cianosis que es referente al bajo nivel de oxígeno, debilidad, disnea, cefaleas y taquicardia (Cabrera Molina et al., 2021).

## Sólidos totales

Es la cantidad de materia restante que queda como un residuo después de la evaporación a 105 °C aproximadamente, se expresan en unidades mg/L, la determinación es importante ya que es un inicio de la concentración de las aguas turbias, así como también el tratamiento necesario que este requiere.

## DBO

LA DBO se define como la demanda de oxígeno que se debe proporcionar al agua residual para oxidarla biológicamente, en este ensayo se incuba durante 5 días a 20 °C, la relación DBO5/ DQO permite conocer la materia orgánica biodegradable del agua residual, de tal manera que permite comparar la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar con el oxígeno total requerido, la oxidación química de los compuestos presentes de la muestra.

Para la biodegradabilidad se debe considerar lo siguiente:

- $DBO/DQOt > 0.4$ ; agua residual altamente biodegradable: requieren métodos de tratamiento biológico.
- $0.2 < DBO/DQOt < 0.4$ ; se requieren algunos tratamientos biológicos, debido a que es intermedio.
- $DBO/DQOt < 0.2$ ; agua residual poco biodegradable; se requieren procesos químicos y físicos de tratamiento (Vera, 2013).

## DQO

En general, es la necesidad de oxígeno que se requiere para oxidar a la materia orgánica presente en el agua en un medio químico, es decir, aguas con una cantidad apreciable de materia orgánica ya sean disueltas o en suspensión. Se conoce que, si los contaminantes fueron biodegradables, la DBO5 y DQO deberían ser iguales, los compuestos inorgánicos reductores y materia no biodegradable hacen que la DQO sea mayor que la DBO.

Las sustancias orgánicas e inorgánicas se oxidan mediante una solución ácida muy fuerte; ácido sulfúrico, dicromato de potasio en presencia del sulfato de plata (catalizador), sulfato de mercurio que remueve interferencias (cloruros), remanente  $K_2Cr_2O_7$  sin reducir se titula con sulfato ferroso de amonio que se usa como indicador de punto final el complejo ferroso de ortofenantrolina, la materia orgánica oxidable se determina en oxígeno equivalente (metcalf, 1995.p.45).



## **SAAM**

Las sustancias activas al azul del metileno son conocidos también como detergentes, jabones y espumantes usados para la limpieza de platos, ollas, cucharas y otros materiales como la limpieza de inodoros y lavamanos. Estos tensoactivos también son usados para el lavado de manos y espumantes en baños de ducha (Guzmán Marlon, 2008).

## **Fenoles**

En los equipos médicos a menudo se usa fenol para desinfectarlos, esterilizar dispositivos críticos y semi críticos como los endoscopios y pinzas quirúrgicas para su posterior uso, así como también los germicidas fenólicos para desinfectar superficies, mesas, barandas de las camas.

En las casas de salud el fenol ayuda a conservar vacunas y evitar que microorganismos contaminen las soluciones, también es empleado en el tratamiento de la espasticidad muscular y cirugías de uñas encarnadas ("Fenol - ChemicalSafetyFacts.org", 2021).

## **Metales**

### **- Hierro**

El hierro es fundamental para el crecimiento y desarrollo del cuerpo humano para la fabricación de la hemoglobina, proteína de los glóbulos rojos que cumple la función de transportar oxígeno hacia los pulmones y al resto del cuerpo humano como músculos, órganos y tejidos. El hierro se encuentra en suplementos alimenticios como cereales, carnes, mariscos, aves, granos y frutas ("Office of Dietary Supplements - Hierro", 2021)

El hierro en grandes cantidades puede llegar a ser mortal, causando daños principalmente al páncreas e hígado. A la actualidad en el hospital se tratan enfermedades hepáticas letales como la diabetes y problemas cardiacos, que son el producto del exceso de hierro en el cuerpo humano.

### **- Zinc**

La contaminación por zinc y sus posibles efectos a la población y medioambiente no son muy conocidos a la actualidad, sin embargo, se sabe que la mayoría de las aguas superficiales y subterráneas tienen una elevada concentración de este elemento.

Si bien al zinc no se le atribuye un nivel de clasificación de riesgo en agua, pueden ser extremadamente peligrosos todos aquellos derivados del zinc elemental; como lo son el arsenato de zinc y cianuro de zinc ("Zinc y agua", 2021).

En la actualidad, el zinc se encuentra en fuentes de carnes rojas como las aves, pescado, etc., el zinc en el cuerpo humano tiene cantidades muy pequeñas y este elemento es necesario para la salud de los seres vivos, el zinc se usa como tratamiento al retraso en el crecimiento, diarrea aguada en niños, cicatrización de heridas y posiblemente la enfermedad de Wilson (acumulación de cromo en los órganos).

Según investigaciones, en la patología de próstata, en los pacientes con hiperplasia se han hallado cadmio y zinc en las células normales. Por lo que este estudio revela que los niveles más bajos de zinc unidos a los niveles más altos de cadmio son cancerígenos (Gómez et al., 2021).

#### - **Cadmio**

El cadmio es uno de los elementos más importantes en la caracterización de agua residual, ya que se ha calculado que más del 80% del cadmio ingerido en los seres humanos proviene de los cereales que más se consume a la actualidad como lo son el arroz y trigo, en verduras y de raíces de tubérculos en general.

A menudo, en los hospitales se trata a pacientes con problemas en sus pulmones, una de las enfermedades más conocidas es el cáncer de pulmón, la cual se debe al tabaquismo. Esto conlleva a un gran problema en la sangre, que se denomina “el complejo de cadmio-metalotioneína”, resultante del humo de tabaco, verduras, raíces y cereales (“El cadmio y su efecto en la salud humana”, 2021).

#### - **Mercurio**

Las casas de salud son una de las principales fuentes de descarga que contribuye la presencia de mercurio en las aguas residuales no tratadas, debido al uso de amalgamas en los pacientes para placas, calzas y prácticas dentales en general.

Por otro lado, la exposición común al mercurio en un hospital es latente, debido a que, si un termómetro se llega a romper, fácilmente se puede contaminar el área y aire.

Si el pequeño derrame cae sobre una superficie porosa como: tejidos, alfombras y material de limpieza puede adherirse haciendo que difícilmente se pueda eliminar (OMS,2021).

### **1.6.3 Parámetros microbiológicos**

#### **Coliformes fecales/ totales**

Los coliformes son un grupo de patógenos que existen en las aguas residuales y son usados como indicadores de contaminación, estos organismos son difíciles de aislar e identificar, los

patógenos son productores de infecciones y enfermedades que en casos graves pueden causar lesiones y hasta la muerte en casos graves.

Los coliformes totales pueden crecer en el suelo y son conocidos como *Aerobacter* y algunas *Escherichia*, la especie *E. coli* que refiere a las *Escherichia* que son las bacterias coliformes más representativas de la contaminación fecal humana y animal (Jiménez Antonio, 2007).

Entre los métodos más usados para la remoción de estos coliformes se tiene a la temperatura, cloro y radiación que matan a estos microorganismos, pero se debe considerar que algunos huevecillos pueden sobrevivir a la desinfección si no se dosifica de manera adecuada, por lo que es importante considerar el tiempo de retención (H. Wright, 2021).

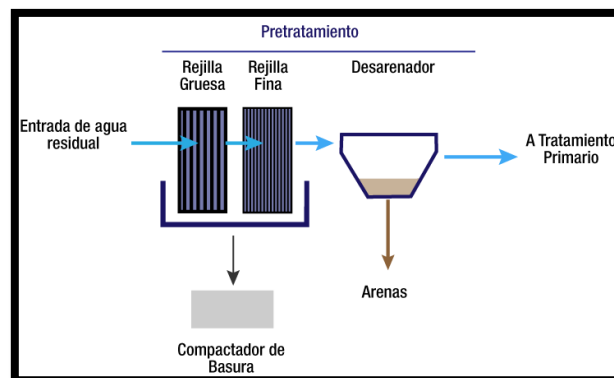
## 1.7 Fases de tratamiento de aguas residuales

Principalmente existen 4 fases para el saneamiento de aguas residuales tales como:

- Pre-Tratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario

### Pretratamiento

El pretratamiento evita que el material de grandes magnitudes ingrese a los equipos o estructuras hidráulicas y obstruyan el funcionamiento normal de los procesos. En este espacio se separan las partículas de varios tamaños, tales como maleza, botellas de plástico, ramas, palos, troncos, sólidos grandes y medianos.



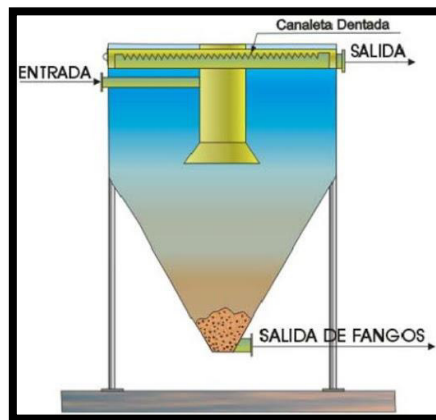
**Figura 1.** Esquema de funcionamiento del pretratamiento

**Fuente:** (Suministros especializados para potabilización y tratamiento de aguas residuales, 2020)

En el pretratamiento también hay desengrasadores que eliminan aceites, grasas y desarenadores que eliminan la arena, grava y arcilla presente en el agua que se va a dar saneamiento.

### Tratamiento primario

El tratamiento primario, elimina los sólidos que se encuentran en suspensión que están presentes en el agua residual. La sedimentación primaria es un proceso que funciona mediante la gravedad, las partículas con densidad más alta que el agua, tienen una trayectoria descendente hasta el fondo del sedimentador. Esta se encuentra en función de la densidad, tamaño, peso específico y la morfología de los sólidos ("Tratamiento primario de aguas residuales", 2018). La filtración es una etapa en la que se hace pasar al agua por un medio poroso para la retención de las partículas suspendidas que descendieron por gravedad.

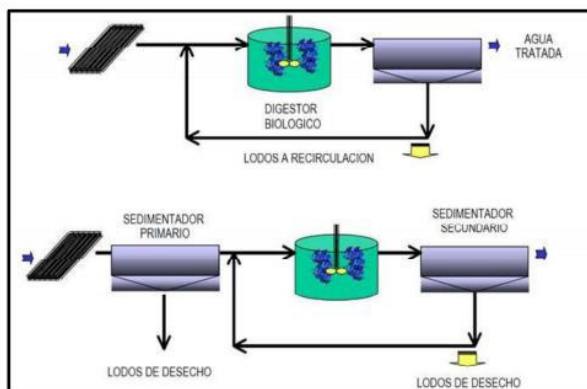


**Figura 2.** Ejemplo de tratamiento primario

**Fuente:** Tratamiento primario – "TSS Internacional ", 2021

### Tratamiento secundario

El tratamiento secundario se usa para remover y eliminar contaminantes que no han sido removidos en los anteriores procesos, en esta etapa se usan reactores biológicos que aceleran la descomposición de materia orgánica, tales como coloides y materia disuelta en el agua. Principalmente se usa biomasa (microorganismos/lodos activados), la cual degradan la materia de manera aerobia o anaerobia (Ergueta, 2015).

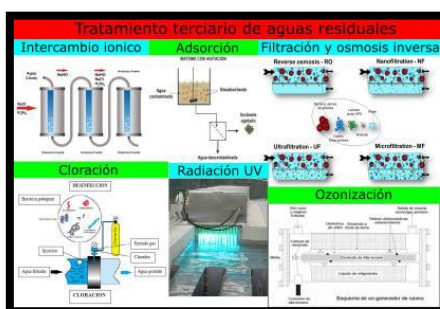


**Figura 3.** Ejemplo de tratamiento secundario

**Fuente:** Revista tecnológica de agua, 2004

### Tratamiento terciario

El tratamiento terciario es también conocido como el proceso donde se desinfecta el agua, en donde se busca eliminar la carga orgánica residual y otros contaminantes restantes de los anteriores tratamientos (primario y secundario). Se eliminan fenoles, olores y sabores mediante la adsorción con carbón activado y moléculas mediante la filtración. Principalmente las bacterias y microorganismos patógenos son de importancia y son eliminados mediante la adición de cloro, luz UV, ozono, etc.



**Figura 4.** Ejemplo de tratamiento terciario

**Fuente:** Tratamiento Terciario de Aguas Residuales: 3 procesos, 2021

#### 1.7.1 Tipos de desinfección

En la siguiente tabla, se indican las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de desinfectantes más conocidos, según la disponibilidad, operación y costo.

**Tabla 2.** Ventajas y desventajas de los desinfectantes.

<b>Tipo</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Hipoclorito de calcio	-Es de fácil acceso y disponibilidad -Costo mantenimiento y operación moderado. -Fácil de medir el cloro en agua tratada	-Produce cambios de gusto y sabor en el agua - Inflamable - Produce subproductos de la desinfección
Cloro gaseoso	- Cloro residual fácil de medir Fácil acceso en el país -Económico -Bajo costo de mantenimiento -Fácil de medir en el agua tratada	- Requiere personal capacitado para el manejo -Produce subproductos de la desinfección -Produce cambios en el sabor
Hipoclorito de sodio	-Fácil acceso -Costo de operación y mantenimiento moderado -Fácil de medir el cloro en agua tratada	-Pierde sus propiedades con el paso del tiempo -Genera subproductos de la desinfección -Produce cambios en el sabor
Luz UV	-No requiere el uso de sustancias químicas -No subproductos de la desinfección -Poco tiempo de exposición -Costo de operación, mantenimiento moderado.	-Se necesitan varios equipos de control para Dosificar -No se puede medir la eficacia -Costo elevado de construcción.
Ozono	-No necesita sustancias químicas -Mejora la percepción organoléptica -Efectivo en remoción de microorganismos -Excelente desinfectante	-Requiere personal capacitado para operar y controlar -Requiere electricidad -Alto costo de mantenimiento

**Fuente:** Contributing Writer, 2017

La siguiente tabla muestra los límites máximos permisibles de descarga hacia el alcantarillado público, establecidos en la tabla 11, del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente.

**Tabla 3.** Parámetros de estudio TULSMA, libro VI, Anexo I.

<b>Parámetros</b>	<b>Límites permisibles</b>
<b>Turbiedad.</b>	-
<b>Oxígeno disuelto.</b>	-
<b>pH.</b>	5-9
<b>Temperatura.</b>	< 40
<b>Hierro.</b>	25 mg/L
<b>Fosfato.</b>	-
<b>Nitritos.</b>	-
<b>Nitratos.</b>	-
<b>Sólidos totales</b>	1600 mg/L
<b>SST</b>	220 mg/L
<b>DBO5</b>	250 mg/L
<b>DQO.</b>	500 mg/L
<b>Grasas/aceites</b>	100 mg/L
<b>Coliformes totales</b>	-
<b>Coliformes fecales</b>	-
<b>SAAM</b>	2.0 mg/L
<b>Fenoles</b>	0.2 mg/L
<b>Zinc</b>	10 mg/L
<b>Cadmio</b>	0.02 mg/L
<b>Mercurio</b>	0.01 mg/L

## 2 Metodología

### 2.1 Descripción general del hospital

La institución de salud está ubicada al sur de Quito, en el cantón Quito. El hospital pertenece a una organización social llamada fundación tierra nueva, fundada por el padre José Carollo quien brindó servicios de educación, salud y protección social. La casa de salud es un hospital de segundo nivel, que actualmente dispone de 30 especialidades médicas tales como: cardiología, cirugía general, vascular, plástica, oncología, pediátrica, dermatología, endocrinología, fisiatría, gineco obstétrica, mastología, medicina familiar, medicina general, interna, neurología, nutrición, odontología, oftalmología, pediatría, psicología, entre otros.

Las actividades realizadas dentro del hospital como la lavandería, hospitalización, cuidados intensivos, quirófano, laboratorio obstetricia generan desechos y sustancias biológicas peligrosas. A la actualidad en el hospital existen 70 camas, 4 quirófanos para cirugía.

En el Distrito Metropolitano de Quito se recolecta entre 10 y 14 toneladas de desechos sanitarios u hospitalarios, la EMGIRS EP es una empresa pública municipal que se encarga de la gestión integral del material proveniente de casas de salud.

### 2.2 Sistema de evacuación de las aguas residuales del hospital

Para evitar costos adicionales, el hospital trata sus aguas residuales lo más cercano a la fuente de contaminación.

En la figura 5, se observa el proceso de evacuación de las aguas residuales del hospital.



**Figura 5.** Proceso de evacuación de AR hospital

#### 2.2.1 Sistema de transporte de aguas residuales del hospital

##### Red de alcantarillado

La red de alcantarillado está conformada por: tuberías, sifones, rejillas, conductos, pozos y cajas que transportan las aguas servidas del hospital, que son el producto de las



interacciones, estadía de los pacientes y docentes de la institución de salud. El sistema de conducción de aguas residuales está constituido por:

- Tuberías de cemento
- Canales en el piso
- Pozos de revisión
- Cajas de revisión empalme
- Sifón de 75mm,100mm

### **2.2.2 Tuberías de cemento**

Se constató que las tuberías de cemento/concreto están reforzadas con acero y una junta hermética, tal como se muestra en la figura 6, diseñados para la conducción de las aguas residuales del hospital. El sistema de conducción de aguas residuales funciona a gravedad y está unido mediante empaques que evitan la contaminación de la superficie.



**Figura 6.** Tubería de cemento

Los colectores secundarios del hospital recogen las aguas de las alcantarillas y las conducen a los colectores principales.

### **2.2.3 Canales de drenaje**

Los canales de drenaje captan y evacuan las aguas pluviales que se generan y acumulan en los contrapendientes. Los canales están construidos de cemento y están ubicados cerca de las zonas bajas del hospital, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 7.** Canales de agua lluvia

#### **2.2.4 Recolección del agua pluvial**

Actualmente, se verificó que existen tuberías que recolectan el agua pluvial por medio de canaletas, que evitan que se aglomere en los techos y partes altas de las edificaciones del hospital, Estas tuberías conducen el agua captada hacia los diferentes canales de drenaje que existe en el hospital.



**Figura 8.** Recolección de agua lluvia en tuberías de PVC

#### **Recolección del agua lluvia en las aceras**

Para evitar la generación de cochas y aguas estancadas producto de las fuertes lluvias, se verificó que el hospital cuenta con rejillas que evacuan las aguas pluviales y que evitan que el material sólido, vegetación y otros tipos de materiales ingresen al sistema de drenaje y obstruya el flujo del agua.



**Figura 9.** Recolección de aguas lluvia en las aceras

### 2.2.5 Pozos de revisión

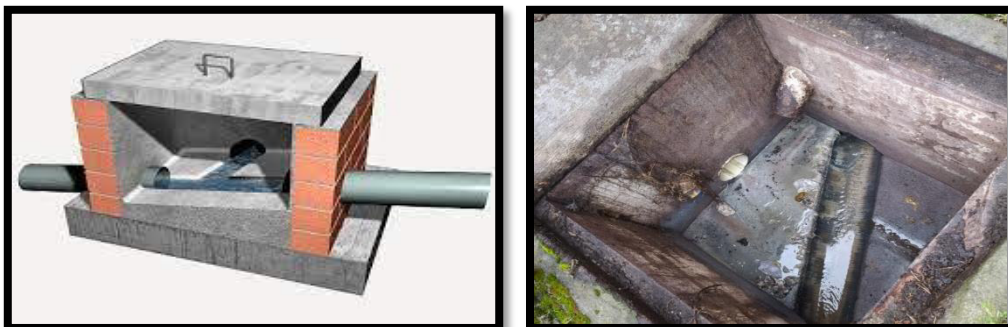
Se constató que los pozos de revisión en el hospital cuentan con accesos que permiten el ingreso desde la superficie hasta las instalaciones subterráneas de servicio, así como también inspeccionar y dar mantenimiento a las redes y tuberías de alcantarillado.



**Figura 10.** Pozos de revisión

### 2.2.6 Cajas de empalme

Son las acometidas existentes en la institución de salud que incorporan a la red de conducción, las aguas que se generan en el edificio.



**Figura 11.** Cajas de empalme

## **2.3 Evaluación de las aguas residuales**

Los recipientes con las muestras puntuales fueron llevadas al laboratorio de la ESFOT/CICAM donde se analizaron los siguientes parámetros:

### **Parámetros físicos:**

- Potencial de hidrogeno(pH)
- Turbiedad
- Temperatura
- Oxígeno disuelto.

### **Parámetros químicos:**

- Hierro
- Nitritos
- Nitratos
- Fosfatos
- SDT
- SST
- ST
- DBO5
- DQO
- Fenoles
- Cadmio
- Zinc
- Mercurio
- SAAM
- Grasas / Aceites

### **Parámetros microbiológicos:**

- Coliformes totales
- Coliformes fecales

### **2.3.1 Plan de muestreo**

El hospital actualmente tiene una planta de inertización que recolecta las aguas provenientes del vertedero clínico y equipos de desinfección, previamente tamizadas. Estas aguas son recolectadas en tuberías de hierro y PVC que baja hacia la planta de inertización, donde son tratadas en 3 cámaras diferentes.

El sistema de trampas de grasas está conformado por una pre-trampa de grasas, que son aguas provenientes del lavado de carnes y frutas, mientras que la trampa de grasas secundaria recolecta las aguas que provienen de la lavandería, cafetería y cocina, donde principalmente se generan tensoactivos, aceites y grasas. Finalmente, la trampa de grasas principal recolecta las aguas provenientes de los 2 procesos anteriores y da un tratamiento final.

El análisis del agua residual proveniente de la institución de salud, en el emisario final, permitirá verificar las condiciones de calidad. Una vez evaluada se realizará el respectivo análisis y un plan de optimización de los procesos unitarios del hospital.

#### **Puntos de muestro**

##### **- Emisario Final**

La principal toma de muestra se realizó en el emisario final, antes de que se descargue al sistema de alcantarillado público. En este punto se reúnen todas las aguas residuales provenientes del sistema interno de alcantarillado del hospital, que incluye procesos unitarios de tratamiento como lo son las trampas de grasas y planta de inertización.

Al emisario final, llegan 3 tuberías principales del hospital, 2 tuberías de 250mm y una tubería de 160mm.

Se tomó 1 muestra en el efluente (emisario final) y se analizó los parámetros *in situ* como indica la tabla 4.

## Parámetros en el emisario final

**Tabla 4.** Parámetros de análisis en el emisario final.

IN SITU	LABORATORIO CICAM/EPN
Turbidez	ST, SST, SDT, DBO5, DQO, Grasas/Aceites, SAAM, Zinc, Mercurio, Fenoles, Cadmio.
Oxígeno Disuelto	
<b>pH</b>	<b>Microbiológicos:</b>
Temperatura	Coliformes fecales, totales

**Nota:** la toma de la muestra y transporte de esta se realizó el 10 de junio y para microbiología, el transporte y muestreo se realizó el día 14 de junio.

### - **Planta de inertización**

En la planta de inertización se recolectan las aguas residuales del vertedero clínico y equipos de desinfección de la sala de cirugías. Se tomaron un total de 2 muestras en el efluente (proceso de inertización) y afluente (quirófano).

Se identificó que el proceso consta de un tanque y una bomba dosificadora de hipoclorito de sodio al 10%, que funciona mediante el proceso combinado de una electroválvula, extractor, temporizador, ventilador, reloj y flower ubicados en el panel de control. La planta de inertización tiene 3 cámaras donde se almacena, oxigena, desinfecta y se descarga al sistema de alcantarillado interno del hospital. El proceso usa un método de desinfección para tratar las aguas residuales, mediante el constante adiciónamiento de aire, agua e hipoclorito de calcio. La limpieza/mantenimiento se realiza de manera mensual y esta ejecutado por el personal de mantenimiento del hospital.

### - **Cámara de oxigenación**

En esta cámara se inyecta aire por medio de un equipo llamado "flower" y se agita el agua almacenada en el interior por medio de un aspa que evita la putrefacción de las aguas contaminadas con fluidos corporales.

### - **Cámara de desinfección**

En la cámara de desinfección se inyecta hipoclorito de sodio 10% con agua y aire.

### - **Cámara de toma de muestras**

En esta cámara se almacena el efluente tratado y se descarga hacia el sistema de alcantarillado interno del hospital. En la tabla 5 se muestra los parámetros analizados in situ.

## Parámetros de análisis "proceso de inertización"

**Tabla 5.** Parámetros de análisis en el proceso de inertización.

<i>IN SITU</i>	LABORATORIO CICAM/EPN
<b>Turbidez</b>	Efluente:
<b>OD</b>	Hierro, Fosfatos, SAAM, Fenoles, Zinc, Nitrito, Nitrato
<b>pH</b>	Afluente: DQO
<b>Temperatura</b>	

**NOTA:** la toma de la muestra y transporte de esta se realizó el 10 de junio.

**Tipo de agua:** fluidos corporales

### - **Trampa de grasas**

A la actualidad, el sistema de trampa de grasas está conformado por una Pre-trampa de grasas, trampa de grasas secundaria y una trampa de grasas que recolecta las aguas de las 2 cámaras antes mencionadas.

Se comprobó que la pre-trampa de grasas es una cámara que separa los sólidos y líquidos provenientes del lavado de carnes y frutas, posteriormente esta conduce hacia una caja de empalme para seguir con el tratamiento de sólidos y grasas.

La trampa de grasas secundaria recolecta las aguas que provienen de la cocina, principalmente esta agua contiene tensoactivos, grasas y aceites. La cámara tiene una lámina separadora entre líquido y sólidos.

Esta cámara de concreto tiene una llave de desagüe y una tubería de PVC que transporta el agua tratada hacia la siguiente cámara de concreto principal.

La trampa de grasas principal recolecta las aguas de la pre-trampa y trampa de grasas secundaria, esta cámara de concreto tiene cámaras individuales que separan sólidos y líquidos del agua que llega hasta este punto. Una vez finalizado el tratamiento se descarga hacia una caja de empalme que descarga hacia el sistema de alcantarillado del hospital.

La limpieza/ mantenimiento se realiza mensualmente, todas las cámaras están construidas en concreto.

- **Cámara residuos sólidos**

En esta cámara llegan las aguas contaminadas de lavavajillas, jabón, residuos de cocina, grasas y aceites. Los sólidos quedan suspendidos al fondo de la cámara que caen por gravedad, mientras que el material flotante como tensoactivos, grasas y aceites tienden a elevarse a la superficie debido a su densidad.

- **Cámara residuos líquidos**

En esta cámara se almacenan los residuos líquidos que posteriormente se trasladan hacia la trampa de grasas principal, los sólidos que no se han logrado retener en la primera cámara, tienden a bajar al fondo de la cámara de concreto y continuar con el tratamiento.

- **Caja de empalme**

Descarga las aguas tratadas al sistema de alcantarillado del hospital.

- **Condiciones climatológicas**

En la planta de inertización, la trampa de grasas y emisario final, el clima es la temperatura ambiente, en las mañanas hay presencia de neblina, lluvias y chubascos en los meses de febrero y abril, pasado el mediodía por lo general son días soleados a lo largo del año.

**Parámetros de análisis "sistema de trampas de grasas"**

A continuación, en la tabla 6 se presenta los parámetros físicos y químicos muestreados en la pre-trampa de grasas.

**Tabla 6.** Parámetros de análisis para la pre-trampa de grasas.

<u>IN SITU</u>	<u>LABORATORIO CICAM</u>
Turbidez	Afluente:
Oxígeno Disuelto	Grasas
pH	Aceites
Temperatura	

**NOTA:** la toma de la muestra y transporte de esta se realizó el 10 de junio.

En la tabla 7 se muestran los parámetros a medir tanto en el afluente y efluente de la trampa de grasas principal y secundaria, así como los parámetros in situ.



**Tabla 7.** Parámetros de análisis para la trampa de grasas principal y secundaria.

<u>IN SITU</u>	<u>LABORATORIO CICAM</u>
Turbidez	Afluente:
Oxígeno Disuelto	Aceites/ Grasas, SAAM
pH	Efluente:
Temperatura	Aceites/ Grasas, SAAM

**Tipo de agua:** Fluidos contaminados con grasas, tensoactivos y aceites

### 2.3.2 Descripción de los puntos de muestreo

#### Emisario final

Para la caracterización del agua residual en este punto, fue necesario identificar las direcciones de flujo y su ubicación mediante la lectura del plano sanitario. Se tomó 1L de agua residual en una botella de vidrio color ámbar. **Anexo 2.** Identificación de direcciones de flujo de pozos y cajas de empalme y **Anexo 3.** Muestreo en el emisario final



**Figura 12.** Muestreo en el emisario final

#### Planta de inertización

Para la caracterización del agua residual (afluente y efluente) en el proceso de inertización, fue necesario el uso de EPP ya que el riesgo biológico es alto por tratarse de fluidos corporales, se tomó únicamente la cantidad necesaria para realizar el análisis en el laboratorio, véase en el **Anexo 5.** Muestreo en la planta de inertización.



**Figura 13.** Muestreo en la planta de inertización

### **Pre trampa de grasas**

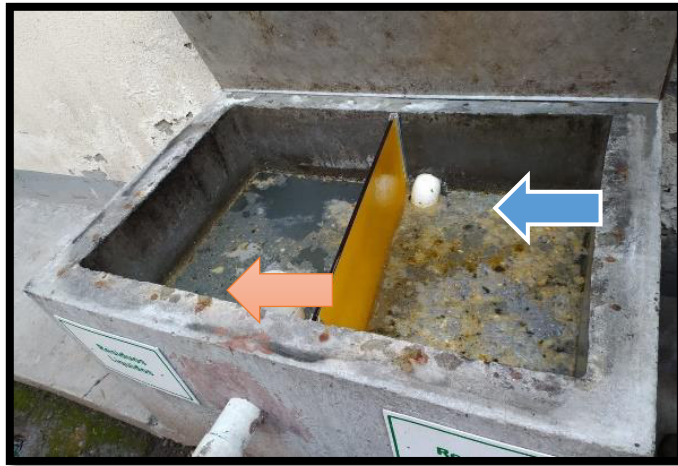
En la pre trampa de grasas se tomó únicamente una muestra de agua de 1L en el afluente. Como se muestra en el **Anexo 4.** Muestreo en el sistema de trampas de grasas



**Figura 14.** Muestreo en la pre-trampa de grasas

### **Trampa de grasas secundaria**

Los recipientes utilizados durante el muestreo fueron: botellas de vidrio (ámbar) de 1 litro, 1 balde y vasos desechables estériles, se tomó una muestra en el afluente y efluente. (Ver anexo 6)



**Figura 15.** Muestreo en la trampa de grasas secundaria

### **Trampa de grasas principal**



**Figura 16.** Muestreo en la trampa de grasas principal

### **2.3.3 Ruta para toma de muestra**

Para el emisario final, el acceso al emisario final fue limitado, debido a que hay una tapa de concreto que debe ser movida con una barra, el acceso es complicado debido a que no hay soportes para el descenso y la apertura de canal del emisario final es pequeño y poco maniobrable.

Para la toma de la muestra se empleó un balde y vasos desechables de plástico.

#### *Afluente*

- a) Primera toma de muestra, emisario final

hora muestreo: 12:17pm

### **Para el proceso de inertización**

La ruta para el muestreo en la planta de inertización fue de fácil acceso, las instalaciones facilitaron la toma de la muestra, se consideró que el riesgo biológico es alto, debido a que las aguas provienen del quirófano y generalmente es agua contaminada con sangre humana.

#### *Efluente*

- a) Segunda toma de muestra, Inodoro del quirófano

hora muestreo: 11:24am

Para la primera muestra se consideraron las horas pico en el hospital, es decir cuando el quirófano más aguas residuales produce, según los horarios establecidos en el cronograma de cirugías del hospital.

#### *Efluente*

- b) Tercera toma de muestra, Cámara de muestreo/ descarga al alcantarillado

hora muestreo: 15:22pm

### **Pre-trampa de grasas**

#### *Afluente*

- a) Cuarta toma de muestra, Cámara de la Pre-trampa de grasas

hora muestreo: 2:05pm

La toma de muestra se realizó después de almuerzo.

#### *Efluente*

- b) Quinta toma de muestra, tubería de salida de la Pre-trampa de grasas

No se pudo abrir la caja de empalme, sin muestreo.

### **Trampa de grasas secundaria**

#### *Afluente*

- c) Sexta toma de muestra/cámara de residuos sólidos.

hora muestreo: 2:20pm

Para tomar la muestra de agua en este punto se usó un balde y un recipiente plástico

### *Efluente*

- d) Séptima toma de muestra/ cámara de residuos líquidos.

hora muestreo: 2:36pm

### **Trampa de grasas principal/primaria**

### *Afluente*

- e) Octava toma de muestra/ cámara de residuos solidos

hora muestreo: 2:50pm

### *Efluente*

- f) Novena toma de muestra/ cámara de residuos líquidos.

hora muestreo: 3:03pm

Esta muestra se tomó en las cámaras del proceso de la trampa de grasas principal. Las botellas de 1 L fueron almacenadas en un cooler con hielo para ser transportadas a los respectivos laboratorios CICAM y EPN.

### **2.3.4 Consideraciones específicas**

A continuación, en la tabla 8 se presentan los tipos de envases y los volúmenes mínimos de muestra para el respectivo ensayo.

**Tabla 8.** Consideraciones para la toma de muestra.

<b>Ensayo</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>Volumen mínimo de muestra</b>
Bacteriológico	Plástico, estéril	100 ml
Pesticidas	Vidrio, color ámbar	1L
Aceites y grasas, TPH	Vidrio	1L
OD	Winkler	300ml
DBO5, DQO, cloro residual, amoníaco, TOC, tensoactivo, fenoles	Plástico	2L
Productos químicos	Compatible con todo tipo de producto	500mL
Prueba de jarras	Plástico	20L/ prueba

Fuente: laboratorio CICAM

### Personal y equipos

#### a) EPP (Equipo de Protección Personal)

- Overoles
- Guantes de nitrilo
- Mascarillas N95
- Gafas protectoras
- Alcohol, gel anti bacterial

#### b) Materiales

- GPS, cronómetro
- Envases de plásticos esterilizadas
- Envases de vidrio
- Tapas
- Cuerda
- Equipo de medición en campo, reactivos y preservantes.
- Hieleras.
- Cadena de custodia, libreta de campo y lapicero.

#### c) Material adicional

- Rotulado de envase, código de muestra
- Tipo de muestra, fecha y hora
- Preservación realizada: Hielo

### 2.3.5 Almacenamiento y preservación para cada parámetro

En la tabla 9, se muestran las condiciones específicas de cada parámetro a las que fueron sometidas, así como el tipo de muestreo y recipientes que fueron empleados.

**Tabla 9.** Preservación y almacenamiento de muestra.

Parámetro	Recipiente 1L	Tipo de muestreo	Preservante
Hierro			
Nitritos			

Nitratos	Botella de vidrio Color ámbar	Puntual	Ninguna
Fosfatos			
ST			
SDT			
SST			
DBO5			
DQO			
Grasas aceites			
Colif. totales	Recipiente plástico		
Colif. fecales	250ml		
SAAM	Botella de vidrio Color ámbar		
Fenoles			
Zinc			
Cadmio			
Mercurio			

### 2.3.6 Equipos empleados en el muestreo in situ

A continuación, en la tabla 10 se detalla los equipos que fueron empleados para medir los parámetros *in situ* en los puntos de muestreo establecidos.

**Tabla 10.** Generalidades de los equipos empleados en el muestreo.

Equipo	Rango	Parámetros
Turbidímetro portátil 2100Q	-	Turbidez
	0-50 mg/l	OD

Multiparámetro HORIBA	-	Temperatura
	0-14	pH

### 2.3.7 Métodos empleados en los ensayos de laboratorio

Para determinar la medida de cada parámetro de estudio en el laboratorio, se procedió a ejecutar los distintos métodos de ensayo en la caracterización de agua residual como se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11.** Métodos de los ensayos usados en el laboratorio.

Parámetro	Método	Lugar del análisis
Grasas/aceites	PE-14/ SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	CICAM
Coliformes totales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en tubos múltiples	CICAM
Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en tubos múltiples	CICAM
SAAM	PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C/ Espectrofotometría VIS / Anionic Surfactants as MBAS)	CICAM
Fenoles	PE-04/ SM Ed.23, 2017, 5530 C/ Espectrofotometría VIS	CICAM
Zinc	Absorción atómica / EPA 7000B	CICAM
Cadmio	Absorción atómica / EPA 7010	CICAM
Mercurio	Absorción atómica / EPA 7470 A	CICAM
Hierro	Standard Methods	ESFOT
Nitrito	SM Ed.23, 2017, 4500 – NO2-B/ Espectrofotometría VIS	ESFOT



Nitrato	SM Ed.23, 2017, 4500 – NO3-B; Espectrofotometría UV	ESFOT
Fosfato	SM Ed.23, 2017, 4500- P C/ espectrofotometría VIS	ESFOT
Sólidos totales	SM Ed.23, 2017, 2540 B / Gravimetría	ESFOT
SDT	SM Ed.23, 2017, 2540 C / Gravimetría	ESFOT
SST	SM Ed.23, 2017, 2540 D / Gravimetría	ESFOT
DBO5	APHA 5210 B	ESFOT
DQO	Standard Methods 2540 B	ESFOT

## 2.4 Consideraciones previas a la optimización

En la actualidad, el sistema de trampa de grasas y planta de inertización se encuentran funcionando normalmente en el hospital Padre Carollo, los procesos unitarios se encuentran en lugares separados debido a que los 2 procesos tratan distintos efluentes. Para la elaboración de la propuesta de un plan de optimización se buscó en primera instancia conocer de manera general los siguientes puntos:

- Descripción general
- Estructura y material
- Esquemas de los procesos

Para complementar la propuesta de optimización se elaboró una representación de los procesos en el software AutoCAD.

### 2.4.1 Descripción general del sistema de trampa de grasas

#### Pre-trampa de grasas

La pre-trampa de grasa recibe actualmente de todas las aguas que provienen del lavado de carnes y del lavado de frutas, del salón de comidas.

La pre-trampa de grasas se encuentra funcionando actualmente, la cámara de concreto presenta un leve desgaste en las paredes internas donde se almacena el líquido, debido al

uso. Se encuentra cubierta por una plancha de aluminio que evita la interacción de aguas pluviales, pasto, vegetación, etc.

### **Trampa de grasas secundaria**

Al presente, la trampa de grasas es operativa y se encuentra funcionando. La cámara de concreto se encuentra dividida por una pantalla que tiene un vertedero circular en la mitad de la placa y separa las fases entre residuos líquidos y residuos sólidos provenientes de la cocina, esta cámara recolecta las aguas que se generan durante el lavado de trastes, ollas, cubiertos (Tensoactivos) y aceites, grasas del salón de comida.

La trampa de grasas secundaria tiene un desgaste visible en las paredes interiores, debido a que las grasas, aceites y espumas inciden directamente sobre el concreto. La cámara tiene una tubería de desagüe que se acciona mediante una llave de paso que descarga directamente a la línea del alcantarillado del hospital., la tubería de PVC transporta los residuos líquidos a la cámara de grasas 2 para su posterior tratamiento biológico.

### **Trampa de grasas principal**

A la fecha, la trampa de grasas final recolecta las aguas provenientes de la Pre-trampa de grasas, es decir agua de lavado de carnes y frutas, también la trampa de grasas final recolecta las aguas con tensoactivos de la cocina que son el resultado del lavado de trastes del comedor. La trampa de grasas se encuentra funcionando y está construida en una cámara de concreto sumergida, la cámara sumergida está dividida por la mitad por una pantalla de concreto con un tubo atravesado que permite el paso del agua y separa los desechos sólidos y líquidos. La trampa de grasas tiene una cubierta de aluminio, para cada compartimento. Como protección exterior existe una caseta que limita la interacción exterior.

Las paredes de las cámaras tienen un color negro/ marrón que permite apreciar que las paredes del tanque de concreto tienen una leve erosión en la estructura.

## **2.4.2 Descripción general planta de inertización**

De manera general, en este proceso se tratan las aguas con los fluidos corporales, donde los órganos procedentes de las cirugías son tamizados y transportados por medio de tuberías, a un sistema de tratamiento por desinfección. La tubería lavamopa refiere a los equipos de desinfección, lavachata refiere a equipos de limpieza que han sido contaminados con sangre y vertedero clínico refiere a las aguas procedentes de las intervenciones médicas en los pacientes tales como partos, incisiones, operaciones e intervenciones médicas, etc. Este es

un sistema que trabaja mediante tiempos de respuesta y tiempos programados que permiten la inyección de agua, aire y cloro al sistema de tratamiento.

En la actualidad la planta se encuentra funcionando con normalidad, al igual que, esta no presenta daños en la estructura y funcionamiento. la construcción, edificación que almacena a este sistema de tratamiento, tiene las paredes y techo de aluminio. El suelo tiene un acabado de cemento donde se encuentran las cámaras de tratamiento, estas se encuentran sumergidas, los equipos, bomba, tanque de almacenamiento y entre otros elementos están sobre la superficie del proceso unitario.

El proceso de inertización y el sistema de trampas de grasas son los únicos procesos unitarios enfocados en la reducción de la carga contaminante de las aguas producidas en el hospital. por lo tanto, son procesos que se puede controlar y optimizar en caso de que se incumpla la normativa.

### **2.4.3 Estructura y material de los procesos unitarios**

#### **Pre-trampa de grasas**

En la tabla 12 se muestra el número de partes y el material del que está constituido cada parte de la estructura.

**Tabla 12.** Partes y materiales de la pre-trampa de grasas.

<b>N.</b>	<b>Partes de la estructura</b>	<b>Material</b>
1	Cámara de almacenamiento	Concreto
1	Tubería de llegada de la cocina	Pvc
1	Tubería de desagüe	Pvc
1	Tubería de transporte	Pvc
1	Soporte para la tapa	Aluminio
1	Tapa de la estructura	Aluminio

#### **Trampa de grasas secundaria**

En la siguiente tabla se muestra el número de partes de la estructura y el material del que está constituido, como se muestra en la figura 18.

**Tabla 13.** Partes y materiales de la pre-trampa de grasas.

<b>N.</b>	<b>Partes de la estructura</b>	<b>Material</b>
1	Cámara de almacenamiento residuos solidos	Cemento
1	Cámara de almacenamiento residuos líquidos	Cemento
1	Llave de desagüe	Cobre
1	Tubería de salida de proceso	Pvc
1	Pantalla separadora con orificio circular	Plástico
1	Tubería de llegada de la cocina	Pvc
2	Tapas de las cámaras de cemento	Aluminio



**Figura 17.** Trampa de grasas secundaria

### Trampa de grasas principal

En la tabla 14, se muestra de manera general las partes y el material constituido de la estructura, como se muestra en la figura 19.

**Tabla 14.** Partes y materiales de la trampa de grasas principal.

<b>N.</b>	<b>Partes de la estructura</b>	<b>Material</b>
1	Cubierta (estructura)	Teja, aluminio, plástico
2	Pantallas de las cámaras	Malla de aluminio
2	Cámaras de almacenamiento líquido y solido	Cemento
1	Tubería de llegada	Pvc
1	Tubería de salida de proceso	Pvc
1	Pantalla de cemento con un tubo Pvc (separador)	Cemento, Pvc



**Figura 18.** Trampa de grasas principal

### Planta de inertización

En la siguiente tabla 15 y la figura 20, se identifica el material del que está compuesto la estructura de la planta de inertización, existen componentes que no se pudo identificar, debido a la dificultad del acceso y a la exposición del riesgo biológico.

**Tabla 15.** Partes y materiales de la planta de inertización.

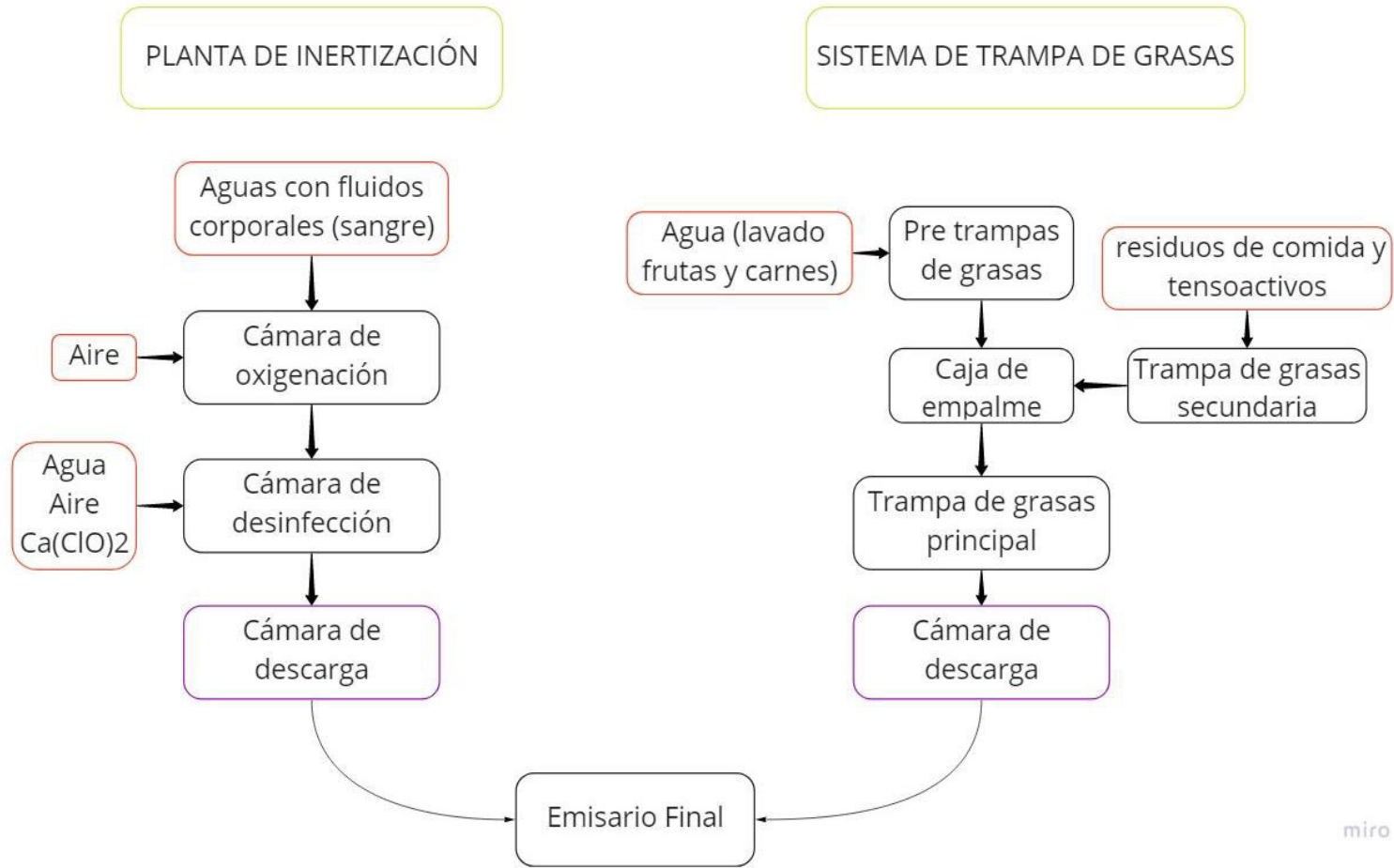
<b>N.</b>	<b>Partes de la estructura</b>	<b>Material</b>
1	Cubierta (estructura)	Aluminio y tejas
1	Electroválvula	Aleación metálica
1	Extractor	-
1	Reloj temporizador motor y extractores	-
1	Reloj temporizador electroválvula	-
1	Contactador motor paleta (Ventilador)	Metal
1	Dosificador cloro electroválvula	Pvc
1	Control de bomba/ dosificador de cloro	Pvc
1	Tanque hipoclorito de calcio 10%	plástico
1	Flower	Aleación de plástico
1	Blower	-
1	Tubería de llegada lavachata, vertedero clínico	Pvc
1	Tubería de llegada lavamopa	Hierro
1	Cámara de llegada	Cemento
1	Cámara de oxigenación	Cemento

1	Cámara de desinfección	Cemento
1	Cámara de descarga	Cemento



**Figura 19.** Proceso de inertización

#### 2.4.4 Diagrama de los procesos de tratamiento



**Figura 20.** Esquema de los procesos unitarios

**Autor:** Elaboración propia

## 2.4.5 Representación en AutoCAD

Trampa de grasas secundaria

### Vista Superior

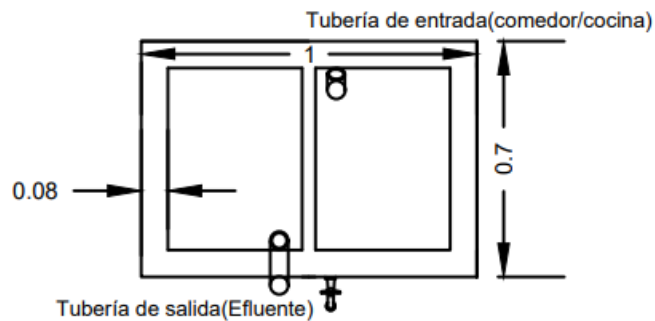


Figura 21. Vista superior de la trampa de grasas secundaria

### Vista lateral

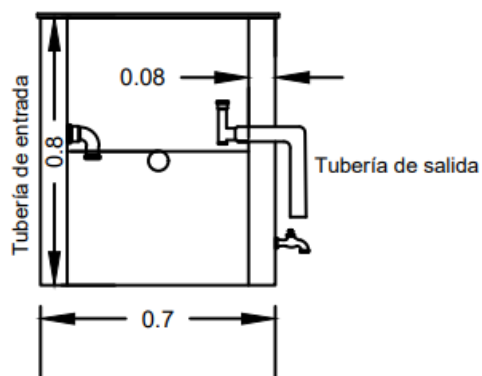


Figura 22. Vista lateral de la trampa de grasas secundaria

### Vista frontal

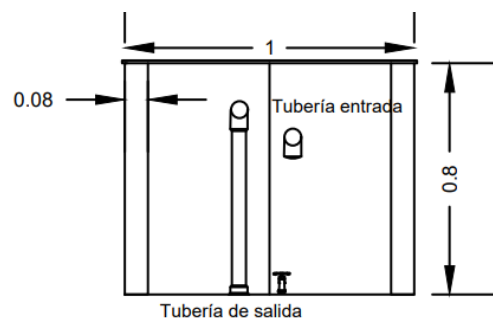
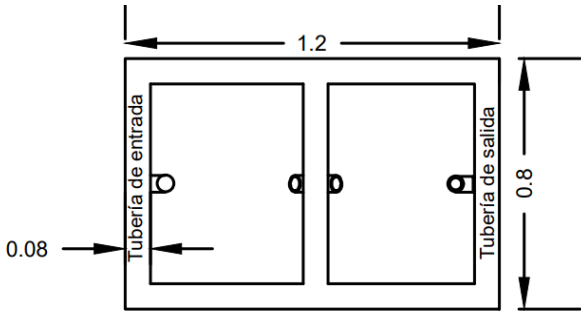


Figura 23. Vista frontal de la trampa de grasas secundaria



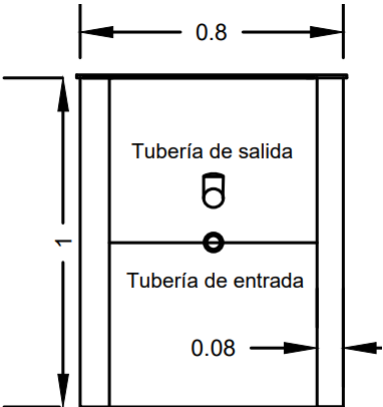
**Trampa de grasas principal**

**Vista Superior**



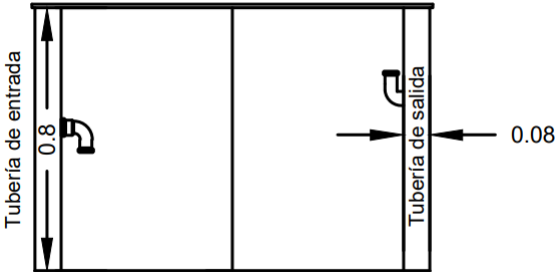
**Figura 24.** Vista superior de la trampa de grasas principal

**Vista lateral**



**Figura 25.** Vista lateral de la trampa de grasas principal

**Vista frontal**



**Figura 26.** Vista frontal de la trampa de grasas principal

Planta de inertización

Vista superior

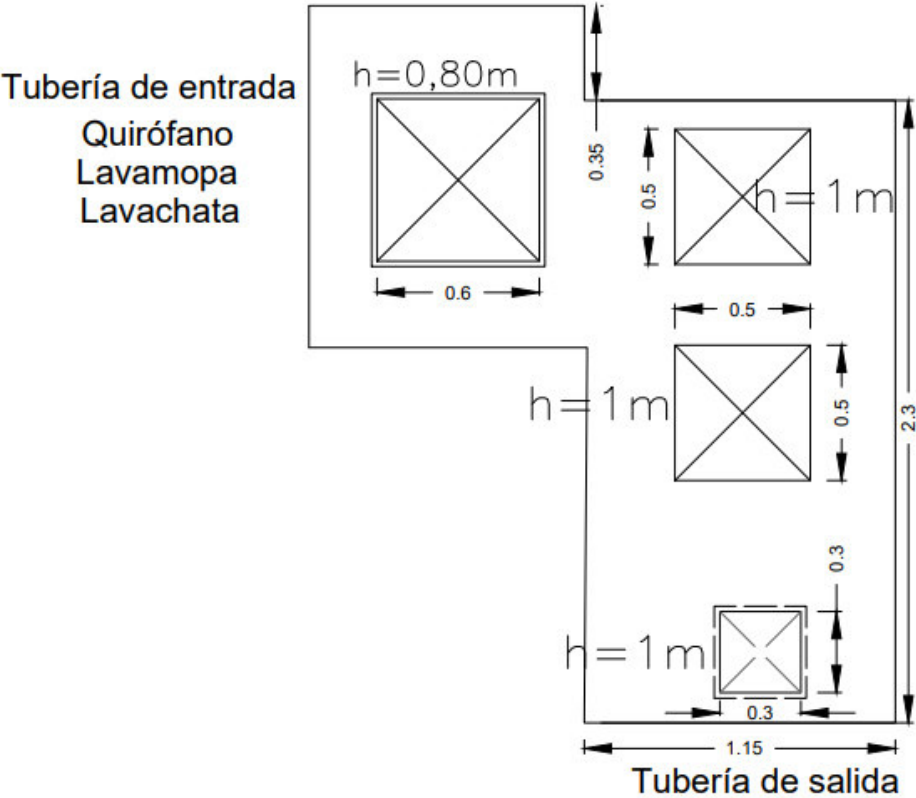


Figura 27. Vista superior del proceso de inertización

### 3 Resultados y discusión

#### 3.1 Identificación de los sistemas de conducción de las aguas residuales y hospitalarias existentes de la casa de salud

El hospital cuenta con una amplia infraestructura médica para atender y acoger a los pacientes del sur de Quito y sus alrededores. Actualmente, se encuentran funcionando las 30 especialidades que ofrece el hospital. El sistema de conducción de aguas residuales recolecta y transporta todos los efluentes generados en la institución de salud, es decir el agua que provienen de las siguientes áreas:

**Tabla 16.** Áreas del hospital que generan aguas residuales.

<b>Áreas del hospital que generan aguas residuales y descargan en el alcantarillado</b>			
Cardiología	Ginecología	Obstetricia	Oftalmología
Sala de Cirugías	Medicina general	UCI	Laboratorio
<b>Otros:</b>			
A. Mantenimiento	A. Administración	A. Salud Ocup.	Cocina/Cafetería

En la institución de salud únicamente se tratan y posteriormente se descargan las siguientes aguas residuales al sistema de alcantarillado.

**Tabla 17.** Efluentes que se tratan en el hospital.

Fluidos corporales (Quirófano)	Reciben tratamiento en la planta de inertización
Grasas/aceites (Cocina y cafetería)	Son tratados en el sistema de trampas y grasas

El quirófano es una de las áreas del hospital que continuamente se encuentra generando aguas residuales contaminadas con fluidos corporales procedentes de cirugías.

Mediante la identificación del plano sanitario del hospital (véase en **Anexo 1**. Planos: Ubicación y red sanitaria externa del hospital), se pudo identificar los puntos de descarga hacia el alcantarillado público. Los efluentes del hospital se reúnen en un solo punto, es decir, en el emisario final, para posteriormente realizar la descarga.

**Tabla 18.** Generalidades, conducción de aguas residuales.

<b>DATOS SEGÚN EL PLANO SANITARIO</b>	<b>Número</b>
Puntos de descarga de agua residual	1
Tuberías de llegada al emisario final	3
Procesos unitarios de tratamiento	2
Obras complementarias	1
Pozos con baja pendiente	3
Pozos obstruidos	0

El sistema de conducción de las aguas residuales del hospital funciona a gravedad. Las direcciones de flujo del sistema de alcantarillado del hospital fueron determinadas mediante el vertido de agua con pintura biodegradables en los pozos (35 litros de agua y 10 de pintura). Véase en Anexo 2. Identificación de direcciones de flujo de pozos y cajas de empalme.

La mayoría de estos conductos tienen una pendiente considerable que evita el estancamiento de las aguas residuales, sin embargo, en la parte posterior del hospital se evidenció que la pendiente es demasiada baja de un pozo a otro, esta causa sedimentación, estancamiento y evita el flujo libre.

Al emisario final llegan 3 tuberías, 2 principales de 250mm y una tubería secundaria de 160mm. Con la identificación de la dirección de flujo se establece lo siguiente:

- La línea de la tubería norte que llega al emisario final se encuentra en buen estado, las paredes de los pozos no presentan deterioro, ni daño en la estructura. Aguas arriba hay presencia de sedimentos en poca cantidad, debido a la baja pendiente.
- La línea de tubería sur se encuentra en buen estado, por lo que no hay daños en la estructura ni deterioro de esta, el flujo es libre y se mantiene a una velocidad considerable, no se encontró presencia de sedimentos aguas arriba.
- La línea de la tubería secundaria es de 160mm y se encuentra en buen estado, no hay daños y tiene un caudal apenas apreciable.

### 3.2 Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales provenientes de la casa de salud.

Según los parámetros analizados se determina que las sustancias activas al azul de metileno (SAAM) están fuera de rango en los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, tal como se indica en la tabla 19.

**Tabla 19.** Resultados de la caracterización físico - química y microbiológica.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS									
VALORES ENCONTRADOS									
Parámetros de análisis	Emisario Final	Planta/ proceso de inertización		Pre-trampa grasas	Sistema de Trampa grasas secundaria		Sistema de Trampa grasas principal		Cumple No cumple
		Afluente	Efluente	Afluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
<b>Turbidez</b>	29.2 NTU	4.60 NTU	2.60 NTU	80.4 NTU	206 NTU	152 NTU	339 NTU	337 NTU	Cumple
<b>Oxígeno disuelto</b>	13.23 mg/L OD	5.99 mg/L OD	6.46 mg/L OD	6.10 mg/L OD	10.32 mg/L OD	3.16 mg/L OD	7.54 mg/L OD	6.91 mg/L OD	-
<b>pH</b>	9 pH	5.65 pH	8.85 pH	7.20 pH	6.99 pH	7.01 pH	6.72 pH	7.66 pH	Cumple
<b>Temperatura</b>	17.83 °C	19.22 °C	16.26°C	18.98°C	28.81°C	30.94°C	21.96 °C	17.54°C	Cumple
<b>Hierro</b>			0.3mg/L fe						Cumple
<b>Nitritos</b>			3 mg/L						-
<b>Nitratos</b>			4.6 mg/L						-
<b>Fosfatos</b>			0.10 mg/L						-
<b>Sólidos</b>	400 mg/L								Cumple

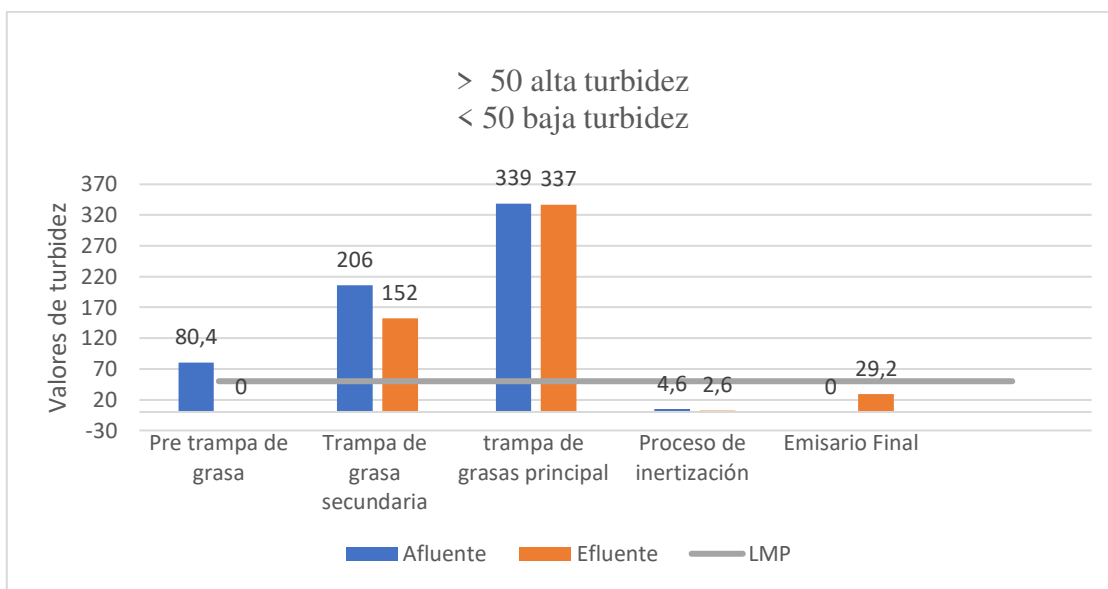
<b>totales</b>									
<b>SST</b>	36 mg/L								Cumple
<b>SDT</b>	364 mg/L								Cumple
<b>DBO5</b>	70 mg/L								Cumple
<b>DQO</b>	297 mg/L	115 mg/L							Cumple
<b>Grasas aceites</b>	<5mg/L			46.4mg/L	82.5 mg/L	111.3 mg/L	2298.7 mg/L	2267.4 mg/L	Cumple
<b>Coliformes totales</b>	4,6 × 10 <sup>7</sup> NMP/100mL								-
<b>Coliformes fecales</b>	2,4 × 10 <sup>7</sup> NMP/100mL								-
<b>SAAM</b>	8mg/L		0.041 mg/L		58.5 mg/L	47.8 mg/L	12.8 mg/L	10.7 mg/L	No cumple
<b>Fenoles</b>	0.069 mg/L		<0.020 mg/L						Cumple
<b>Zinc</b>	0.06 mg/L		<0.05 mg/L						Cumple
<b>Cadmio</b>	<0.001mg/L								Cumple
<b>Mercurio</b>	<0.001mg/L								Cumple

En el emisario final, se analizaron 21 parámetros de agua residual, en las cuales únicamente las SAAM está fuera de rango y el pH está al límite de la normativa. Los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa ecuatoriana, libro VI, anexo 1 del TULSMA, 29 de marzo del 2017 (**Tabla 3.** Parámetros de estudio TULSMA, libro VI, Anexo I).

A continuación, se presentan figuras correspondientes a los valores obtenidos en el muestreo de los afluentes y efluentes del hospital.

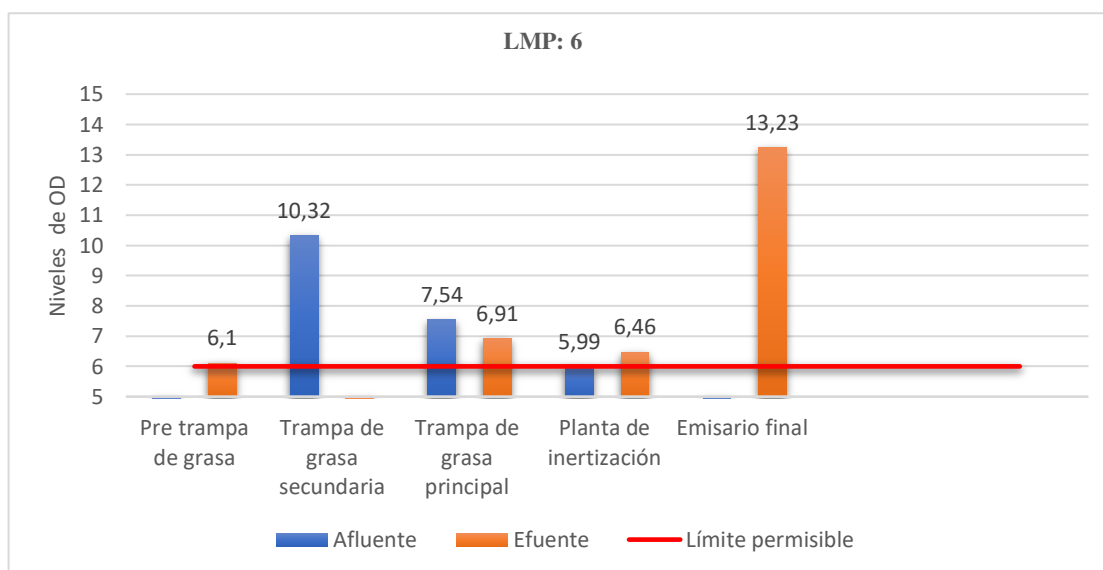
### Parámetros in situ

- **Turbidez:** En el emisario final la turbidez tiene un valor de 29.2 NTU, está dentro de los límites permisibles.



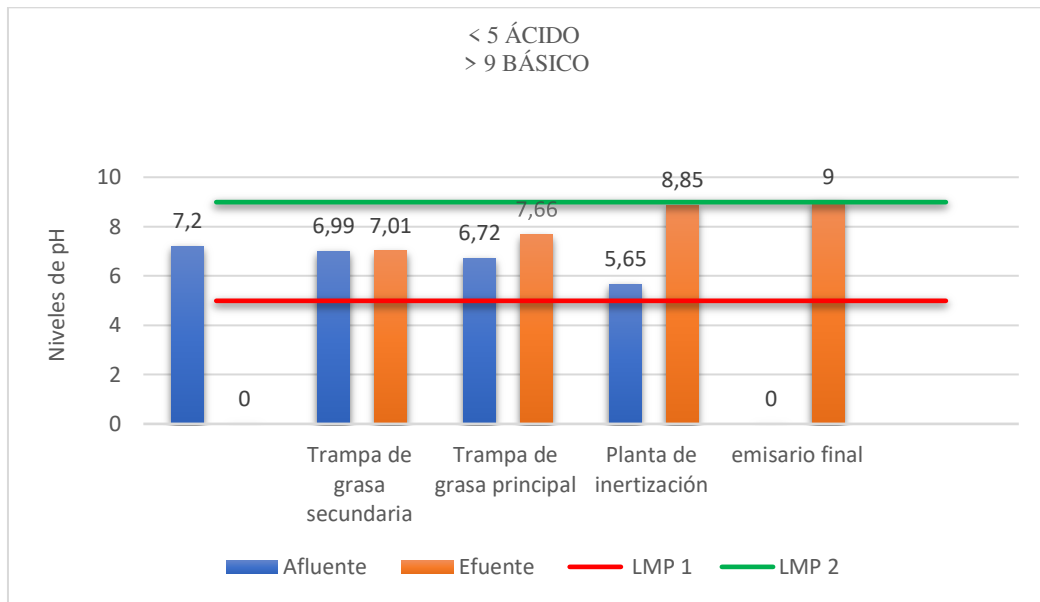
**Figura 28.** Valores de turbidez de los afluentes y efluentes del hospital

- **Oxígeno disuelto:** niveles de OD reportados en el emisario final cumplen con los límites máximos permisibles.



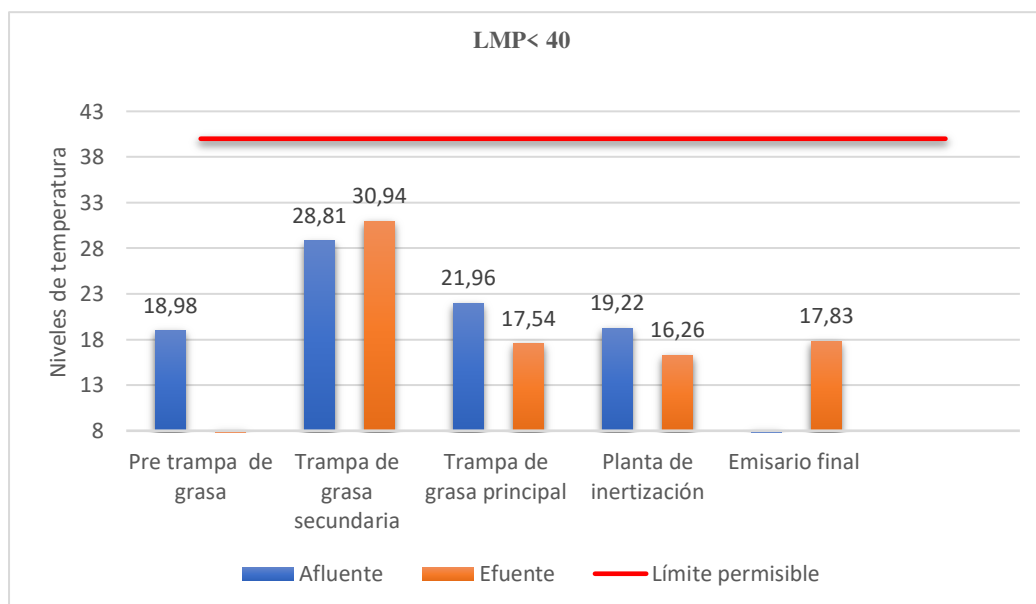
**Figura 29.** Valores de oxígeno disuelto de los afluentes y efluentes del hospital.

- **Potencial de hidrogeno:** el pH está dentro de los límites máximos permitidos de la normativa, los valores que comprendidos son (5.65 y 9).



**Figura 30.** Valores reportados de pH de los afluentes y efluentes del hospital.

- **Temperatura:** Las temperaturas registradas se encuentran en un intervalo de (16.26 a 30.94 °C), Está dentro de la normativa vigente.

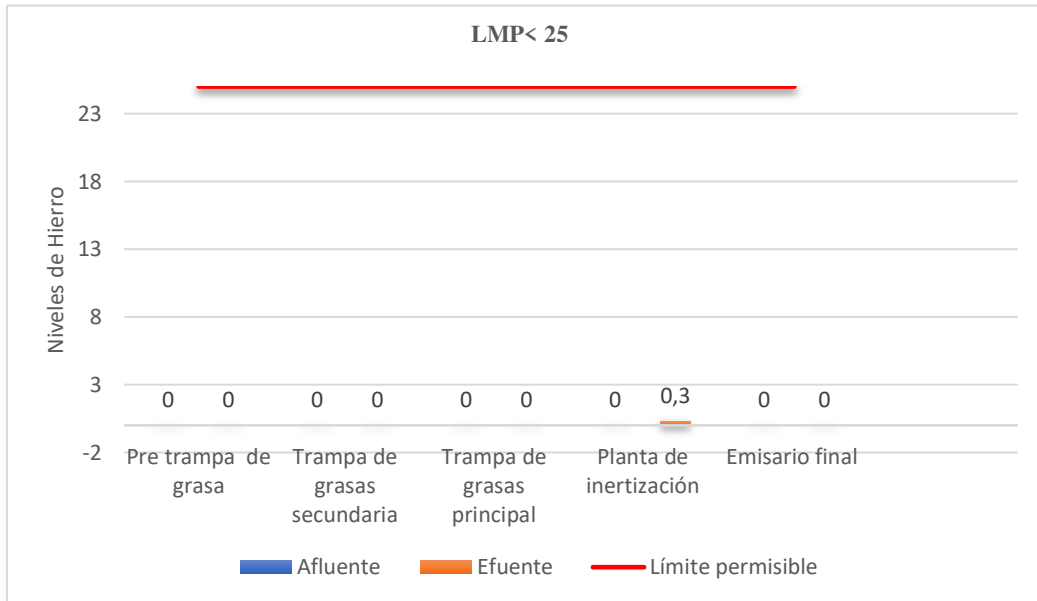


**Figura 31.** Valores reportados de la temperatura del hospital del sur de quito.



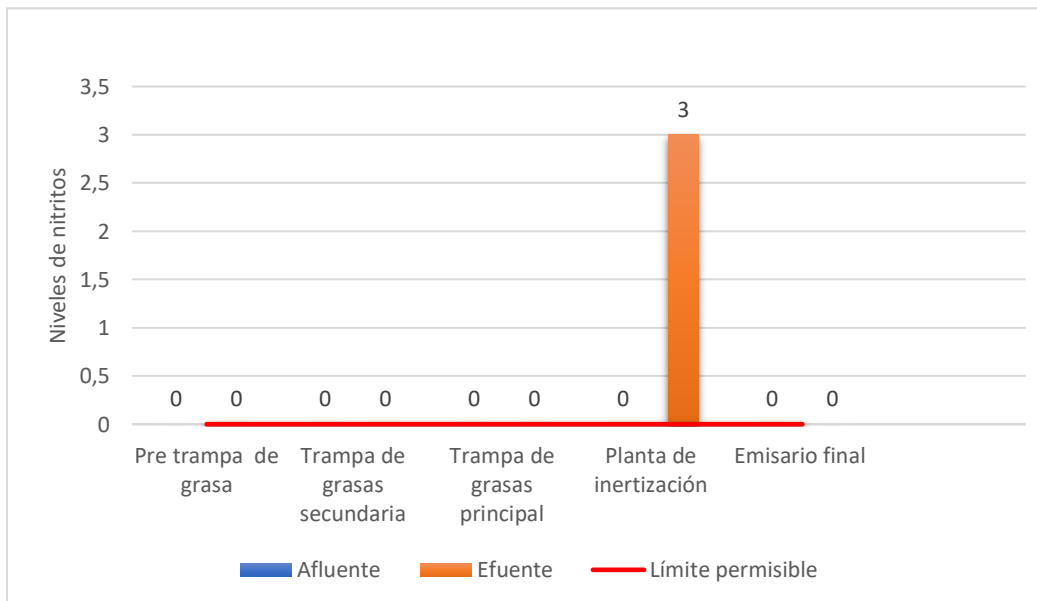
## Parámetros químicos

- **Hierro:** los valores de hierro están dentro de los límites permisibles del Tulsma



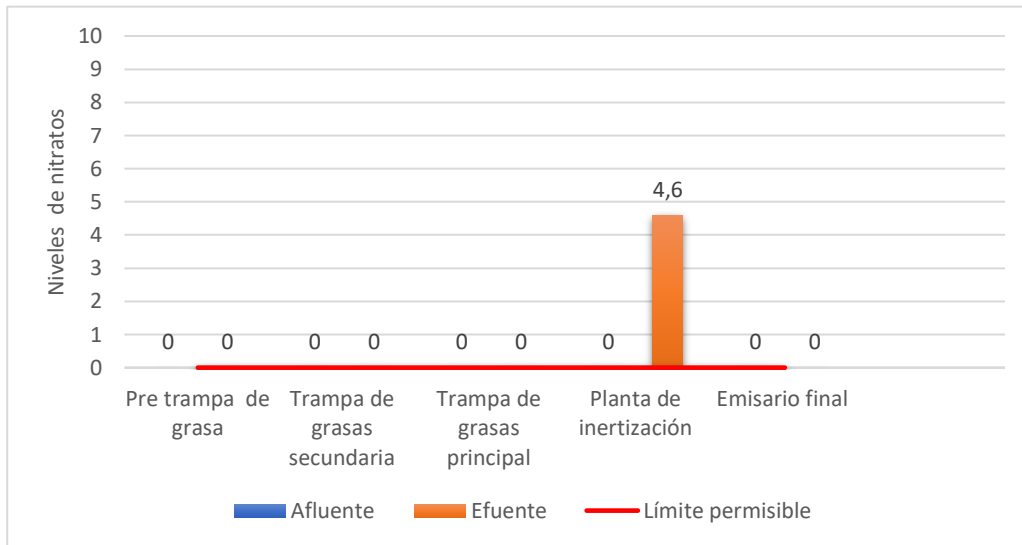
**Figura 32.** Reporte de valores hierro en el proceso de inertización

- **Nitritos:** Se reportó un valor de 3mg/L en el efluente del proceso de inertización.



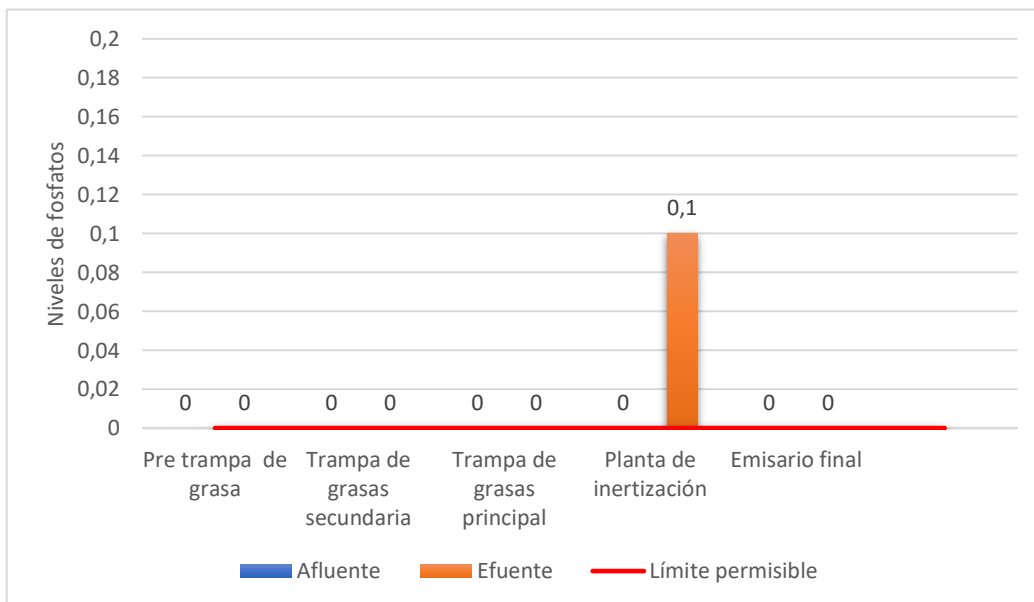
**Figura 33.** Valores reportados de nitritos en el proceso de inertización

- **Nitratos:** Se reportó un valor de 4.6mg/L de nitrato



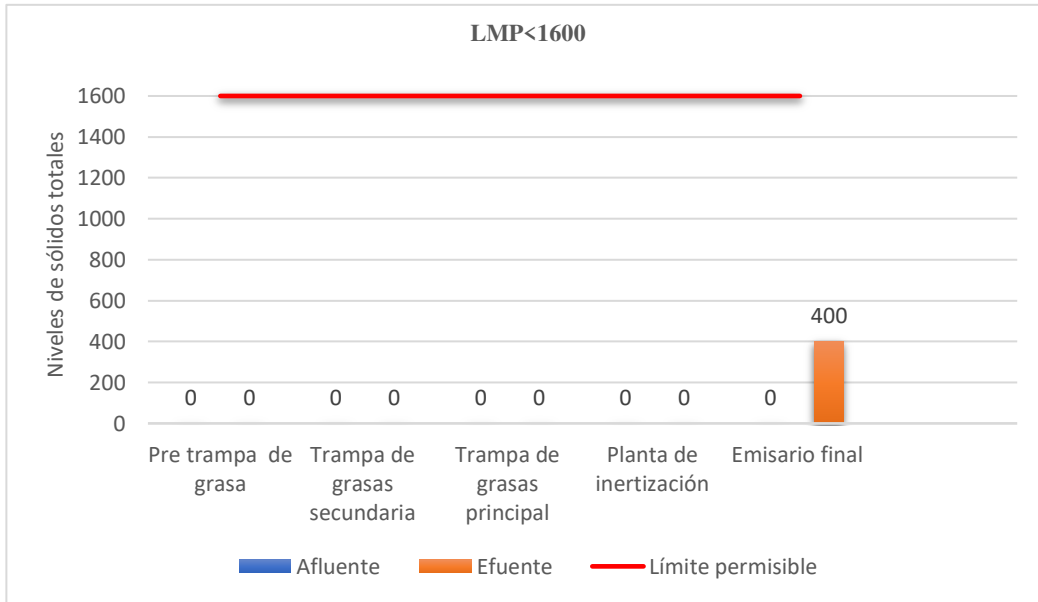
**Figura 34.** Reporte de nitratos del proceso de inertización

- **Fosfatos:** Se reporta un valor de 0.10mg/L de fosfato en el efluente



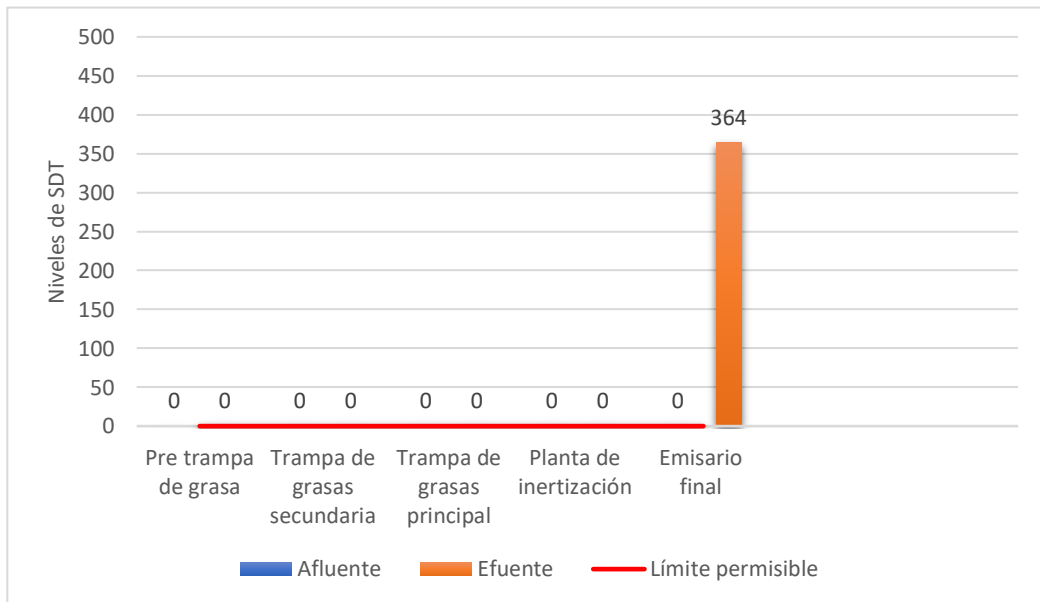
**Figura 35.** Valores de fosfatos en el proceso de inertización

- **ST:** Se obtuvo un valor de 400 mg/L y está dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el Tulsma.



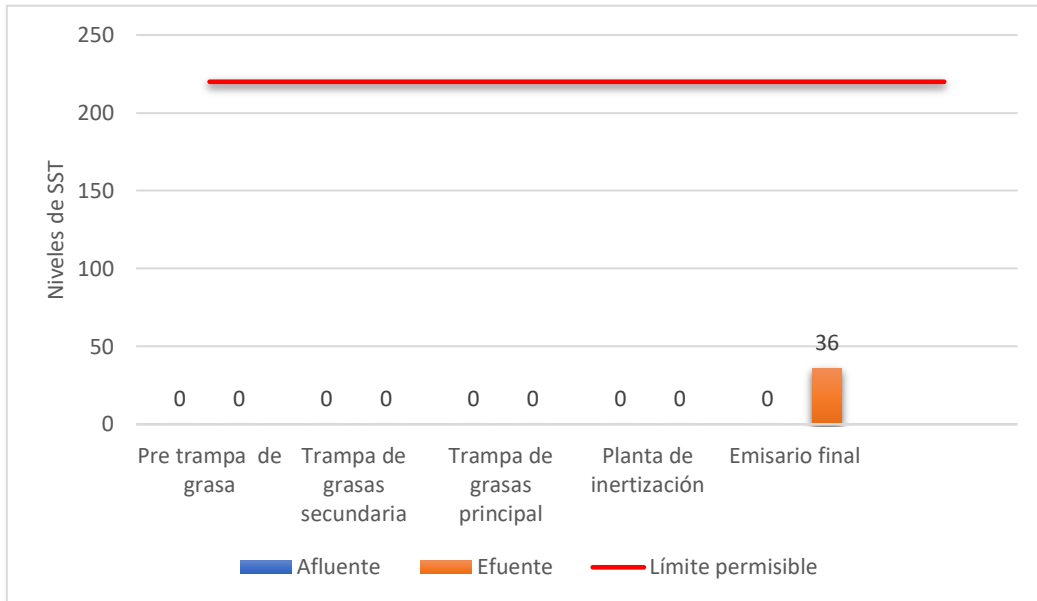
**Figura 36.** Valores reportados de sólidos totales en el emisario final

- **SDT:** Se obtuvo un valor de 364 mg/L y está dentro de los límites permisibles



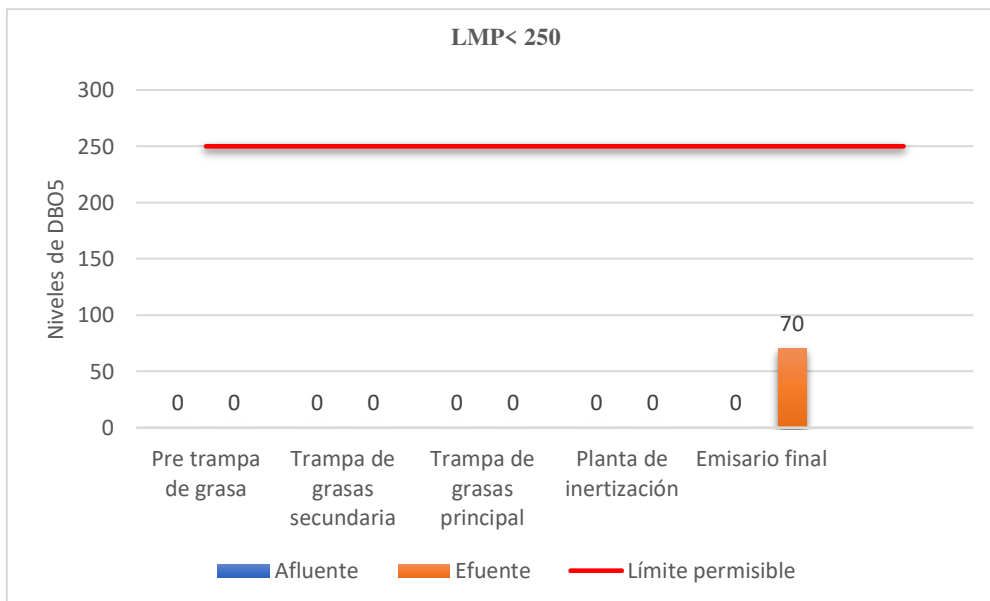
**Figura 37.** Valores reportados de sólidos disueltos totales en el emisario final

- **SST:** se obtuvo un valor de 36 mg/L y está dentro de lo límites permisibles



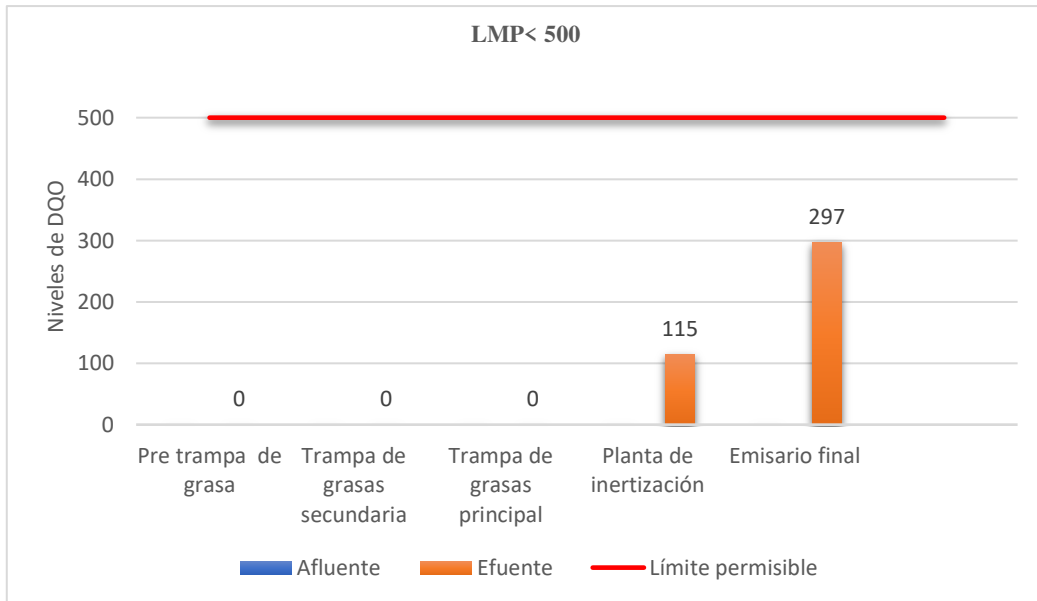
**Figura 38.** Valores reportados de SST en el emisario final

- **DBO5:** Se obtuvo un valor de 70 mg/L y está dentro de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa TULSMA.



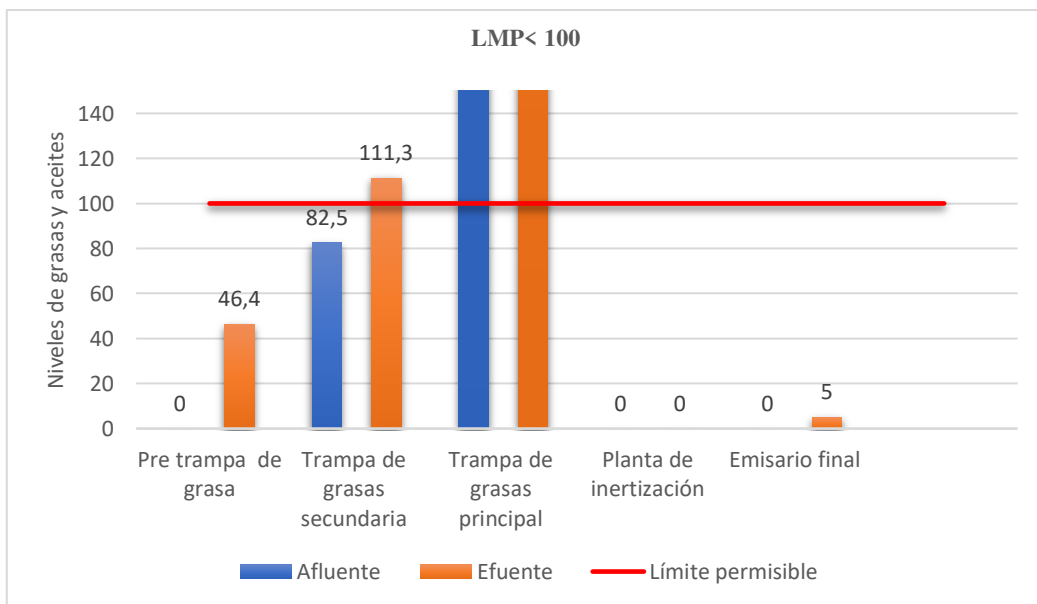
**Figura 39.** Valores obtenidos DBO5 en el emisario final

- **DQO:** los valores de la DQO tienen valores comprendidos entre (115 y 297) y están de los límites permisibles del Tulsma.



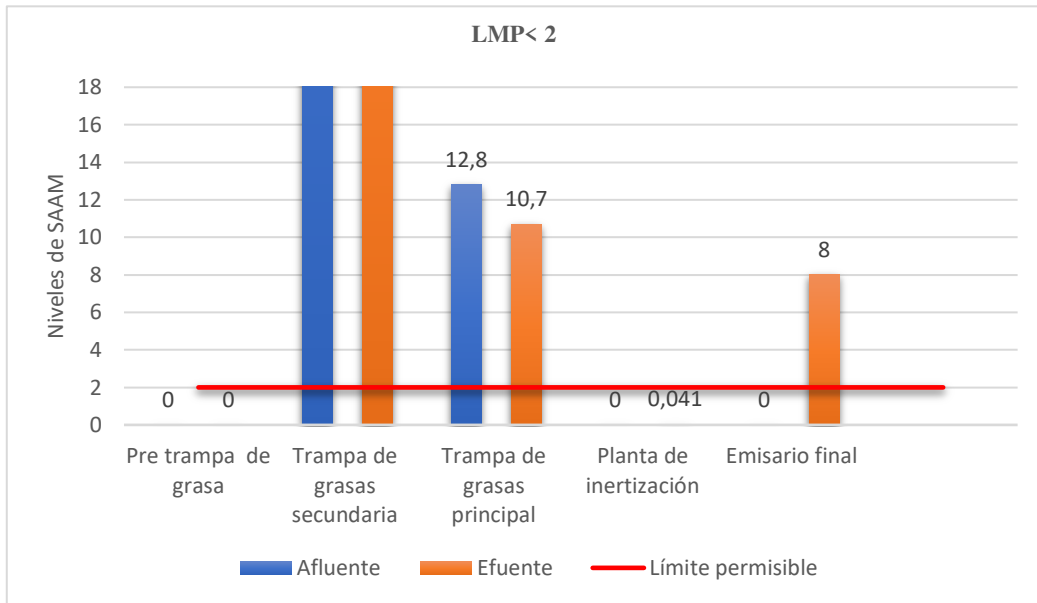
**Figura 40.** Valores reportados de la DQO del hospital

- **Grasas/ Aceites:** los valores de grasas y aceites tienen valores entre (5 y 2298.7) mg/L y se encuentran dentro de los límites permisibles del Tulsma.



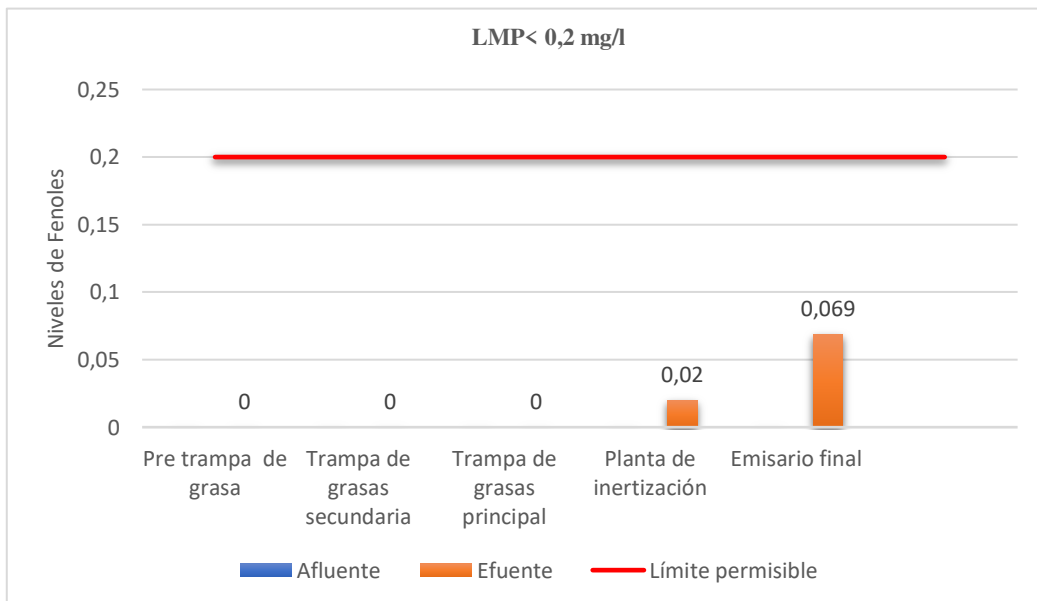
**Figura 41.** Valores reportados de grasas y aceites del hospital

- **Tensoactivos:** las SAAM tienen valores comprendidos entre (0.041 y 58.5) mg/L, estas se encuentran fuera de los límites máximos permisibles del Tulsma.



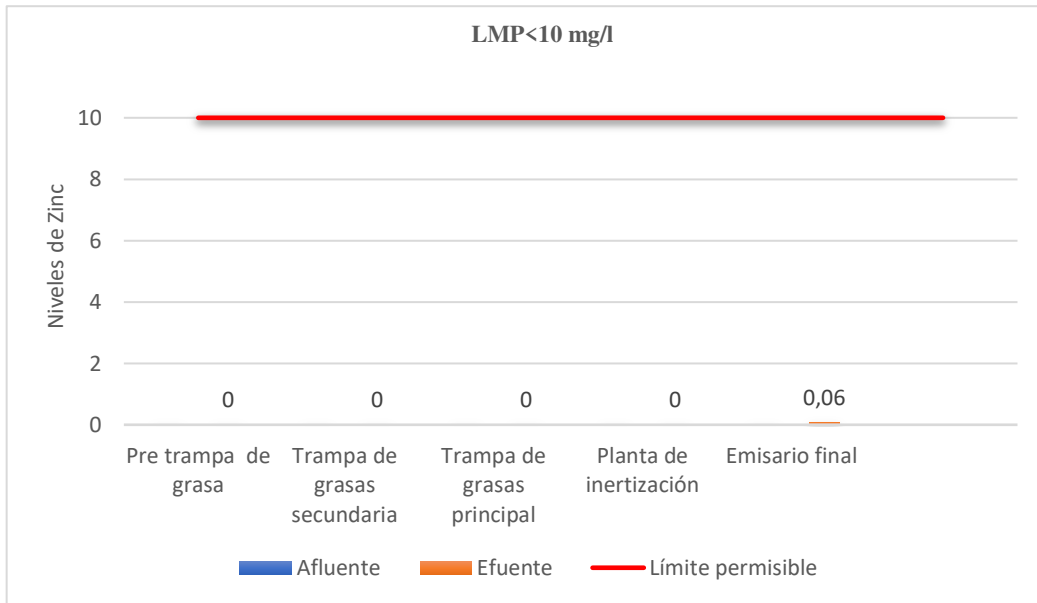
**Figura 42.** Valores reportados de SAAM del hospital

- **Fenoles:** Se reportan valores entre (0.020-0.069) mg/L y están dentro de los límites permisibles.



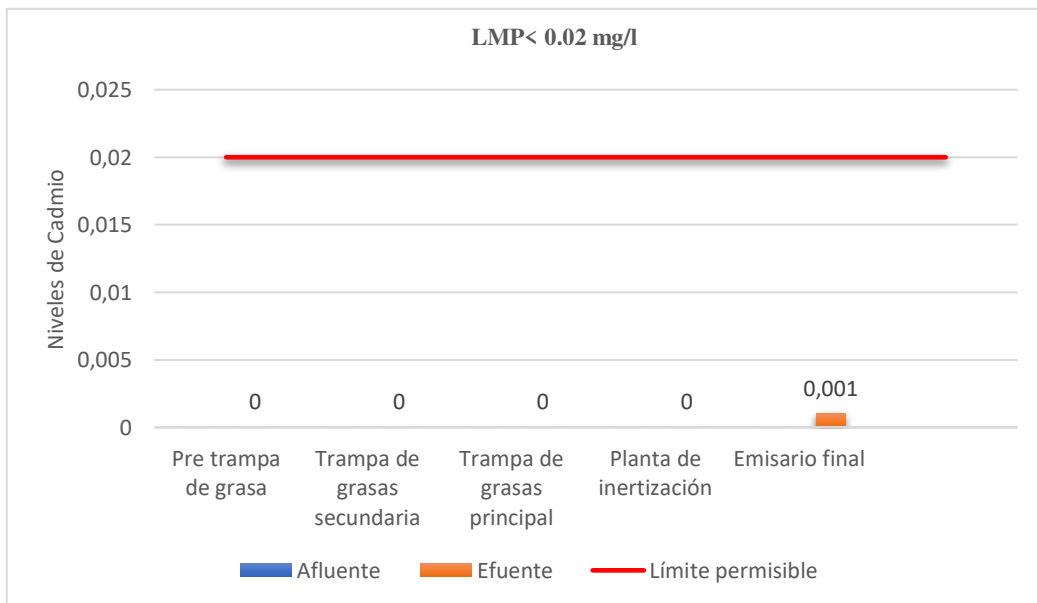
**Figura 43.** Valores reportados de fenoles en el emisario final

- **Zinc:** Se obtuvo un valor de 0.06mg/L de zinc y están dentro de los límites de descarga.



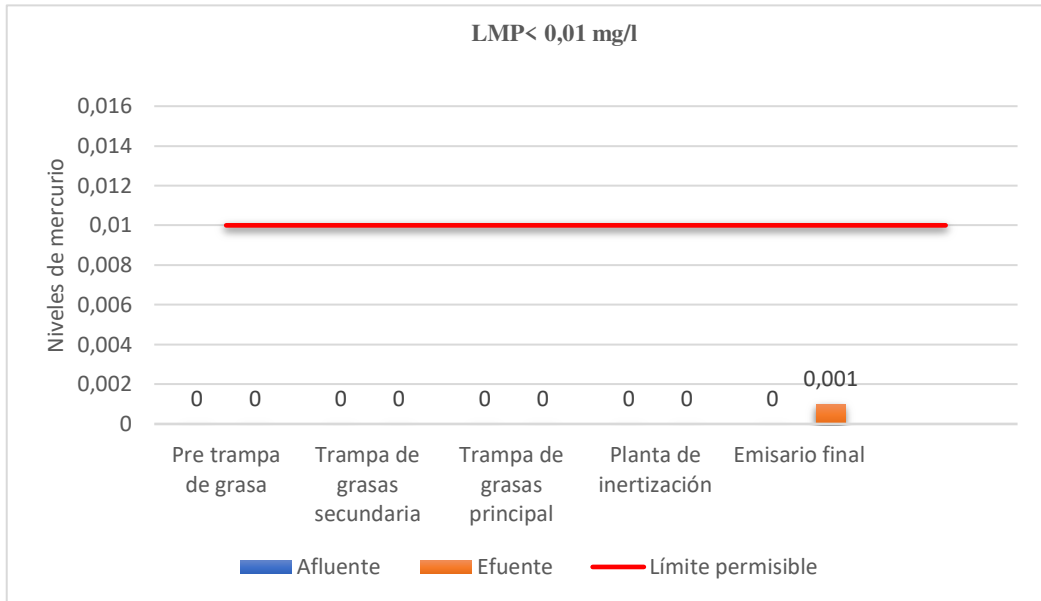
**Figura 44.** Valores reportados de zinc en el emisario final

- **Cadmio:** el valor de cadmio es <math>< 0.001 \text{ mg/L}</math> y está dentro de los límites permisibles



**Figura 45.** Valores reportados de cadmio en el emisario final

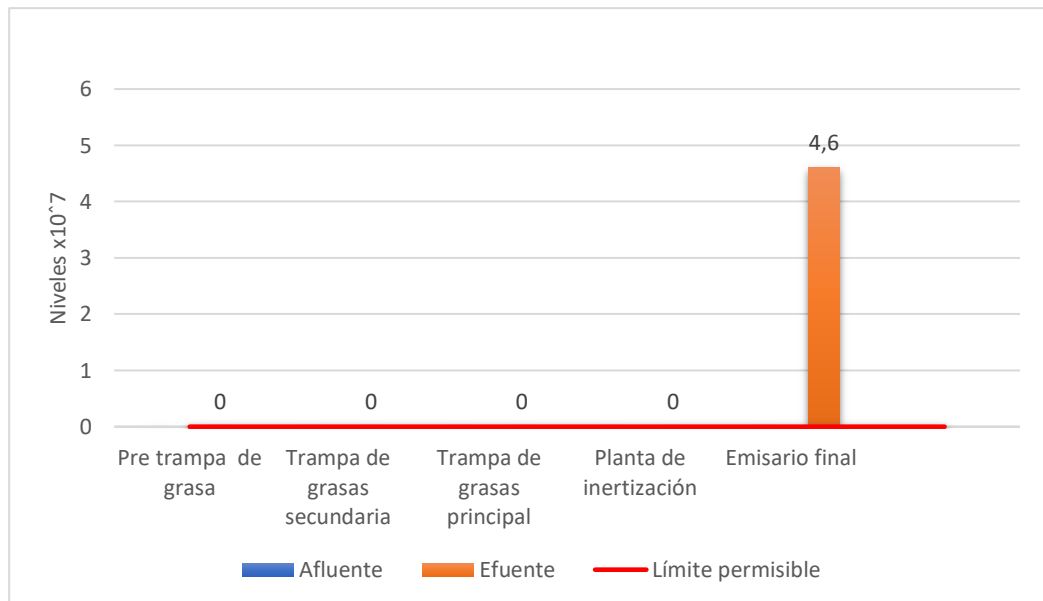
- **Mercurio:** Se obtuvo un valor de Hg <0.001 mg/L y está dentro del rango de descarga.



**Figura 46.** Valores reportados de mercurio en el emisario final

### Parámetros microbiológicos

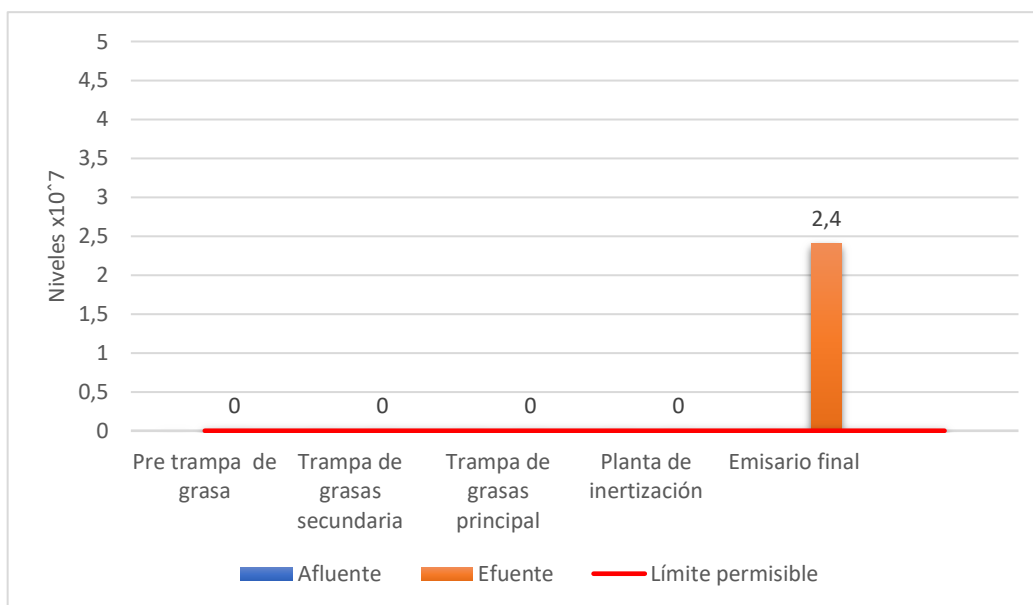
- **Coliformes totales:** Se obtuvo un valor de  $(4,6 \times 10^7 \text{ NMP}/100\text{mL})$ .



**Figura 47.** Valores reportados de coliformes totales en el emisario final



**Coliformes fecales:** Se obtuvo un valor de  $(2,4 \times 10^7 \text{ NMP}/100\text{mL})$ .



**Figura 48.** Valores reportados de coliformes fecales en el emisario final

### 3.2.1 Descargas hospitalarias

Parámetros fuera de la norma

#### SAAM

Las sustancias activas al azul de metileno exceden el límite máximo permisible de 3mg/L con un valor 8 mg/l (**Figura 42.** Valores reportados de SAAM).

A la actualidad en la institución de salud no se cuenta con una planta de tratamiento ni con un proceso unitario de tratamiento para la remoción de tensoactivos de los efluentes, debido a que estas se generan en múltiples lugares, áreas y pisos del hospital.

Este parámetro muestra la cantidad de jabones, detergentes y espumantes que se tiene en una muestra de agua. En el hospital se usan tensoactivos para la limpieza de superficies, objetos, materiales, y aseo en general de las personas. Considerando la coyuntura de la pandemia COVID 19, hay un constante uso de este producto en baños, duchas y lavabos del hospital.

Para la eliminación de tensoactivos en el agua residual es necesario el estudio de un proceso biológico avanzado que permita cultivar microorganismos que ayuden a degradar los compuestos surfactantes (biorreactores con biotecnología ambiental). Las enzimas

producidas por los microbios tienden a formar flocs que posteriormente son removidas mediante la filtración, estos organismos se encuentran de manera natural en la biosfera ("Innovación hidráulica y medioambiental", 2021).

Entre otros métodos, se tiene los procesos Fenton de oxidación avanzada, en aguas sintéticas se ha logrado remover el 63% de tensoactivos en 1 hora, así como también 3 unidades logarítmicas de coliformes fecales *E. coli* (Bandala et al. 2008).

Parámetros al límite de la norma

### **pH**

El potencial de hidrógeno tuvo un valor de 9 en el emisario final a una temperatura de 17.84 grados, el pH presenta una cantidad considerable de iones de hidroxilos, que es la tendencia de una sustancia básica, este parámetro está al límite de los valores normados pH (6-9).

El pH básico de las descargas hospitalarias se debe en gran medida al proceso de inertización, debido a la inyección del hipoclorito de sodio, ya que este al ser un oxidante y desinfectante fuerte tiende a subir el pH.

Según el fabricante el pH de esta sustancia varía entre un rango de 12 y 12.8, si bien el parámetro está dentro de los límites de descargar es importante conocer las diferentes medidas correctivas que se pueden aplicar al proceso. (Véase en la Tabla 21. Valores de dosificación del proceso de inertización)

### **DBO5**

La DBO5 es la cantidad de materia orgánica biodegradable que contiene el efluente de estudio. El parámetro DBO con 70 mg/L se encuentra dentro de los límites permisibles de 250 mg/L que establece la normativa ecuatoriana, por lo que evidencia un tratamiento previo de las aguas residuales que se están vertiendo al alcantarillado público.

### **DQO**

La demanda química de oxígeno tiene un valor de 297 mg/L por debajo de 500 mg/L del valor máximo permisible.

La biodegradabilidad es el resultado de la relación que mantiene la DBO y DQO, aporó un valor de 0.235 lo que pone en evidencia, que el agua residual aun es biodegradable, orgánica y medianamente contaminada. Requiere la implementación de algunos procesos biológicos (Vera, 2013, p. 23).

## Coliformes

En la **Tabla 19**. Resultados de la caracterización físico - química y microbiológica, se aprecia una carga microbiológica considerable, tanto coliformes totales ( $4,6 \cdot 10^7$  NMP/ 100mL) y fecales E. coli ( $2,4 \cdot 10^7$  NMP/ 100mL).

La considerable contaminación del efluente por microorganismos indica que deben tomarse medidas que disminuyan la carga contaminante, debido a que es un efluente importante, tomando en cuenta que es procedente de una institución de salud. Por otra parte, la evidencia de materia orgánica en los parámetros de la DBO5, DQO y turbidez facilitan la proliferación de los microorganismos (Characklis, 1988).

## Biodegradabilidad de las aguas residuales del hospital

Existen varios parámetros que, si bien no se establece en la normativa para la descarga hacia el alcantarillado público, es de vital importancia conocer los valores como: coliformes totales y coliformes fecales, que junto con la DBO y DQO determinan el tratamiento requerido, contaminación del efluente y la biodegradabilidad que esta tiene (Aguilar, 2018). La biodegradabilidad de las aguas residuales es un aspecto importante debido a que establece los procesos necesarios para un tratamiento óptimo.

**Ecuación 1** Biodegradabilidad del efluente (Vera, 2013).

$$B = \frac{DBO5}{DQO} \text{ mg/l}$$

- $0.2 < DBO5/DQOt < 0.4$ ; requieren algunos tratamientos biológicos

Datos obtenidos del muestreo:

- DBO5: 70 mg/l
- DQO: 297 mg/l

Aplicando **la Ecuación1** se obtiene

$$B = 0.235 \text{ ; aún biodegradable}$$

Para tratar las aguas residuales del hospital se necesita implementar procesos biológicos, debido a que, en su mayoría, aún son efluentes que se pueden biodegradar, si bien el valor de la biodegradabilidad es  $< 2$ , se debe implementar procesos químicos y físicos de

tratamiento. Los valores de la DQO tienen relación con los bajos valores reportados de los sólidos totales y de la turbidez en el emisario final (Vera, 2013).

### **3.3 Propuesta del plan de optimización de los procesos de tratamiento de agua residual existentes.**

Para llevar a cabo la optimización de los sistemas de tratamiento fue necesario conocer el funcionamiento, materiales, fichas y datos del fabricante que permitan investigar y formular distintas medidas que ayuden a mejorar el funcionamiento de cada proceso. Véase en el **Anexo 8**. Plan de optimización de los procesos de tratamiento.

## **4 Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

- Mediante la información obtenida de la lectura de los planos sanitarios en AutoCAD del hospital, se establece que el sistema de transporte de aguas residuales del hospital no presenta deterioro, obstrucciones, ni daños físicos y estructurales, sin embargo, se evidencia una baja pendiente y presencia de sedimentos en los pozos ubicados atrás del hospital.
- Se establece que el sistema de alcantarillado del hospital recolecta todos sus efluentes residuales y los reúne en un punto (emisario final), para posteriormente descargarlos hacia el alcantarillado público.
- El análisis fisicoquímico de las descargas de agua residual, en su mayoría están dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, a excepción de las sustancias activas al azul de metileno (SAAM).
- Si bien el potencial de hidrógeno en el emisario final está dentro del rango de descarga. Este se encuentra al límite, por lo que es necesario considerar ciertas medidas correctivas expuestas en el plan de optimización que ayuden a controlar el pH básico.
- Los parámetros microbiológicos expresados en NMP/100 mL, establece una carga considerable de coliformes totales y fecales que evidencia la contaminación dentro de las instalaciones mismas de la casa de salud.
- El resultado de la biodegradabilidad en relación DBO y DQO de las aguas residuales procedentes de la institución de salud, son aún biodegradables por lo que este valor obtenido, determina la implementación de procesos físicos y químicos de tratamiento para mejorar la calidad del efluente.

- En la actualidad, la institución de salud cuenta con un sistema de trampa de grasas y un proceso de inertización para el tratamiento de sus aguas residuales.
- El proceso de inertización del hospital trata las aguas residuales provenientes del quirófano, para desinfectar los fluidos corporales se emplea hipoclorito de sodio 10%, este, al ser un desinfectante/ oxidante fuerte, incide directamente en el incremento exponencial del pH.
- Se establece que el sistema de trampa de grasas cumple la función de separar las fases líquidas entre el agua y aceite. Si bien este parámetro está dentro de los rangos de descarga, se debe aliviar la carga contaminante del sistema, es decir, aplicando medidas correctivas in situ para favorecer el funcionamiento.

## **4.2 Recomendaciones**

- Capacitar al personal técnico para que implemente y monitoree las descargas de los procesos unitarios de tratamiento, funcionamiento, transporte, medioambiente, sustancias peligrosas y legislación ambiental, así como también la evaluación del deterioro de la infraestructura, con el fin de mantener un funcionamiento adecuado.
- Se debe dar mantenimiento al sistema de conducción de aguas residuales del hospital, también, proporcionar al personal encargado EPP para realizar dicha tarea.
- Evaluar el riesgo toxicológico de las descargas hospitalarias mediante organismos indicadores establecidos por la EPA.

## 5 Referencias bibliográficas

- Baños, A. (2018). aguasresiduales.info. Retrieved 10 July 2021, from <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/como-combatir-los-surfactantes-en-las-corrientes-de-aguas-residuales-con-hipo-ss5600--zimhD>.
- Cruz Amílcar. (2008). Caracterización de Aguas Residuales. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/Caracterizacion%20y%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf;jsessionid=BB060EDE5452407E501D50508368D8A8?sequence=1>.
- Cinc (Zn) y agua. Lenntech.es. (2021). Retrieved 1 June 2021, from <https://www.lenntech.es/cincyagua.htm#:~:text=La%20mayor%20parte%20del%20cinc,este%20elemento%20a%20las%20>
- Cabrera Molina, E., Hernández Garcíadiego, L., Gómez Ruíz, H., & Cañizares Macías, M. (2021).
- Characklis, W.G. (1988) Bacterial regrowth in distribution systems. AWWA Research Foundation and AWWA, Denver.
- Desechos de las actividades de atención sanitaria. (2018). Retrieved 23 November 2021, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
- Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. Scielo.org.mx. Retrieved 28 May 2021, from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0583-76932003000100014#:~:text=Los%20niveles%20de%20nitratos%20y,de%20la%20calida](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014#:~:text=Los%20niveles%20de%20nitratos%20y,de%20la%20calida)
- El cadmio y su efecto en la salud humana. Medicina.ues.edu.sv. (2021). Retrieved 1 June 2021, from [http://www.medicina.ues.edu.sv/unica/index.php?option=com\\_content&view=article&id=106:el-cadmio-y-su-efecto-en-la-salud-humana&catid=30:esp-medicina-interna&Itemid=157](http://www.medicina.ues.edu.sv/unica/index.php?option=com_content&view=article&id=106:el-cadmio-y-su-efecto-en-la-salud-humana&catid=30:esp-medicina-interna&Itemid=157).
- Ecuador Estratégico EP – ECUADOR. Ecuadorestrategicoep.gob.ec. (2017). Retrieved 8 July 2021, from <https://www.ecuadorestrategicoep.gob.ec/>.
- Fenol - ChemicalSafetyFacts.org. ChemicalSafetyFacts.org. (2021). Retrieved 1 June 2021, from <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/fenol/#:~:text=En%20hospitales%2C%20el%20feno>
- Guzman Marlon. (2008). Características de las aguas residuales.

<https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguasresiduales>.

Gómez, Y., Arocha, F., Espinoza, F., Fernández, D., Vásquez, A., & Granadillo, V. (2021). Niveles de zinc en líquido prostático de pacientes con patologías de próstata. *Ve.scielo.org*. Retrieved 1 June

Innovación hidráulica y medioambiental. *Sewervac.es*. (2021). Retrieved 11 July 2021, from <https://sewervac.es/>.

INEN. (2013). Retrieved 23 November 2021, from <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>

Jiménez Antonio. (2007). Determinación de los parámetros físicos-químicos de calidad de las aguas. <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otrosrecursos-1/OR-F-001.pdf>.

Jane M. (2017). Aprender acerca de los hidratos de carbono (para Niños) - Nemours KidsHealth. *Kidshealth.org*. Retrieved 12 July 2021, from <https://kidshealth.org/es/kids/carb-esp.html>.

("Laboratorios acreditados realizan ensayos fisicoquímicos del agua – Servicio de Acreditación Ecuatoriano", 2021)

Metcalf, E. (1995). Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Edición, Volumen 1. Editoriales McGraw-Hill. Madrid. Barcelona. p. 45.

Metales pesados - Facsa. (2017). Retrieved 23 November 2021, from <https://www.facsa.com/metales-pesados/>

Munoz, M. (2018). Retrieved 23 November 2021, from <https://www.aguasresiduales.info/revista/articulos/tratamiento-de-aguas-residuales-hospitalarias-mediante-el-proceso-fenton>

Norma Técnica Ecuatoriana INEN. 2013. «Calidad de agua, manejo, muestreo y conservación de muestras.» Recuperado 1 de octubre de 2020.

Office of Dietary Supplements - Hierro. *Ods.od.nih.gov*. (2021). Retrieved 28 May 2021, from <https://ods.od.nih.gov/factsheets/IronDatosEnEspanol/#:~:text=El%20hierro%20es%20un%20mineral,provee%20ox%C3%ADgeno>

Principal, P., Medicinas, h., & suplementos, H. (2021). Sales de Fosfato: *MedlinePlussuplementos*. *Medlineplus.gov*. Retrieved 28 May 2021, from <https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/735.html>.

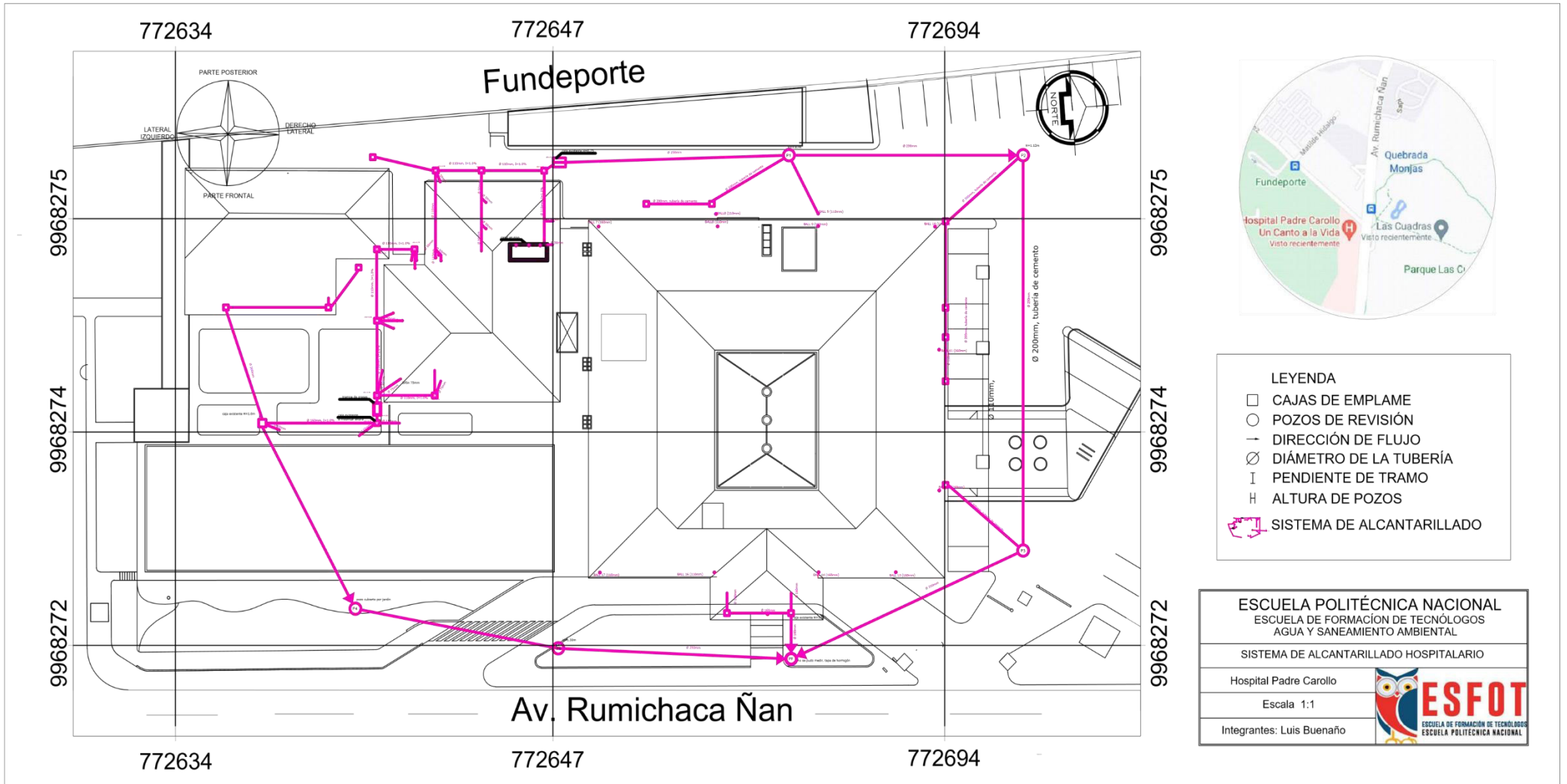
- Parra. (2021). Mef.gob.pe. Retrieved 12 July 2021, from [https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu\\_publ/migl/metas/taller\\_PI\\_meta35\\_2.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/metas/taller_PI_meta35_2.pdf)
- Prácticas de Microbiología - Temperatura. (2021). Retrieved 26 May 2021, from <https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/practicadas-de-microbiologia/indice/influencia-del-medio-ambiente/temperatura>
- Romero Rojas, J. A. (1999). Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño (Tercera edición ed.). Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería
- (2021). Retrieved 26 May 2021, from [http://www.cma.gva.es/areas/educacion/educacion\\_ambiental/educ/publicaciones/ciclo\\_del\\_agua/cicag/2/2\\_5\\_1/main.html](http://www.cma.gva.es/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/main.html)
- Reinoso, J. (2021). Dspace.ucuenca.edu.ec. Retrieved 7 July 2021, from [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30096/1/07%20Contaminantes%20Emergentes%2055-59%20\(1\).pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30096/1/07%20Contaminantes%20Emergentes%2055-59%20(1).pdf)
- sulfatos - lenntech. Lenntech.es. (2021). Retrieved 28 May 2021, from <https://www.lenntech.es/sulfatos.htm>.
- Salager, J. (2002). Retrieved 23 November 2021, from <https://es.firp-ula.org/wp-content/uploads/2019/06/S300A.pdf>
- Tratamiento primario de aguas residuales | Acuatecnica. Bienvenidos. (2018). Retrieved 21 May 2021, from <https://acuatecnica.com/tratamiento-primario-aguas-residuales/>.
- Tratamiento primario – TSS Internacional. Tssinternacional.com. (2021). Retrieved 21 May 2021, from <http://tssinternacional.com/tratamiento-primario/>.
- Tratamiento Terciario de Aguas Residuales: 3 procesos. Ingeniería ambiental. (2021). Retrieved 21 May 2021, from <https://ingenieriaambiental.net/tratamiento-terciario-de-aguas-residuales/>.
- Trampas de grasa. (2018). Retrieved 23 November 2021, from <https://quima.com/blogs/blog/trampas-de-grasa>
- Usam.salud.gob.sv. 2021. [online] Available at: [http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/agua/LUZ\\_ULTRAVIOLETA.pdf](http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/agua/LUZ_ULTRAVIOLETA.pdf) [Accessed 27 May 2021].
- Vera, L., (2013). Alternativas tecnológicas en a la detoxificación de efluentes, Módulo 12. Memoria monográfica Universidad Central “Marta Abreu de las Villas” Facultad de Química farmacia, Departamento de Ingeniería Química. Cuba.



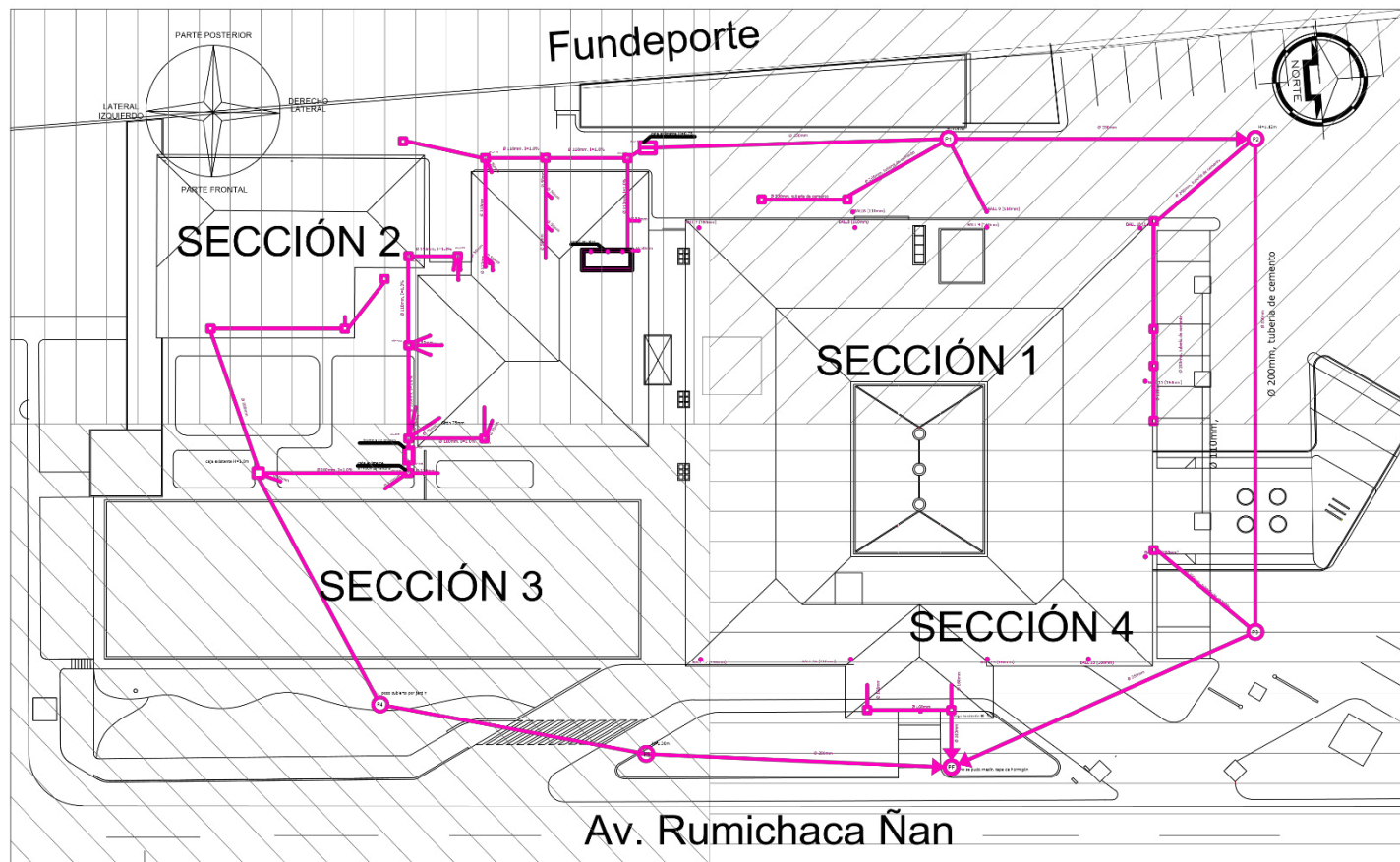
Who.int. (2021). Retrieved 1 June 2021, from [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/medicalwaste/mercurio\\_es.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/mercurio_es.pdf).  
Zarza, L. (2021). ¿Qué es un colector de agua? Retrieved 23 November 2021, from <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-colector-agua>.

## **6 Anexos**

# Anexo 1. Planos: Ubicación y red sanitaria externa del hospital



# Secciones del plano sanitario del hospital



**LEYENDA**

- CAJAS DE EMPLAME
- POZOS DE REVISIÓN
- DIRECCIÓN DE FLUJO
- ∅ DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
- I PENDIENTE DE TRAMO
- H ALTURA DE POZOS
- ▨ SECCIÓN 1
- ▤ SECCIÓN 2
- ▥ SECCIÓN 3
- ▧ SECCIÓN 4
- SISTEMA DE ALCANTARILLADO

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
 ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS  
 AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

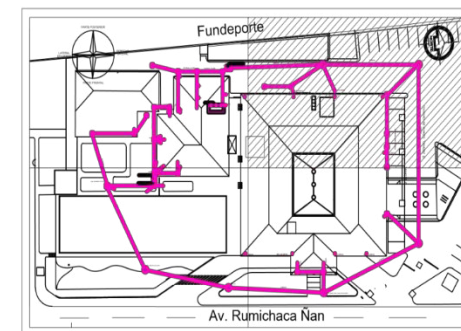
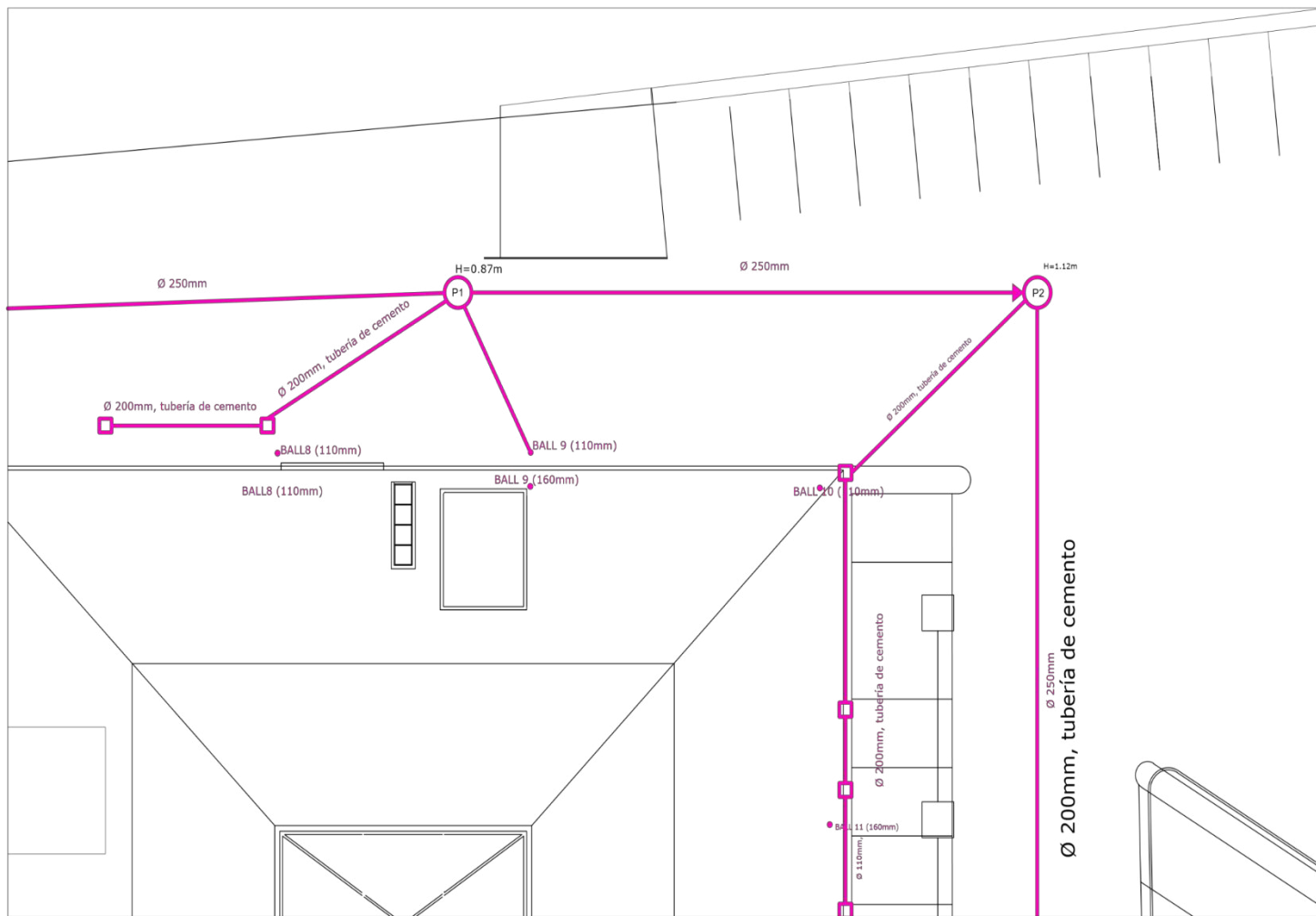
SISTEMA DE ALCANTARILLADO HOSPITALARIO

Hospital Padre Carollo

Escala 1:1

Integrantes: Luis Buenaño

# Sección 1 del sistema de alcantarillado hospitalario



**LEYENDA**

- CAJAS DE ENLACE
- POZOS DE REVISIÓN
- DIRECCIÓN DE FLUJO
- ∅ DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
- I PENDIENTE DE TRAMO
- H ALTURA DE POZOS
- SISTEMA DE ALCANTARILLADO
- ▨ SECCIÓN 1

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
 ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS  
 AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

---

SISTEMA DE ALCANTARILLADO HOSPITALARIO

---

Hospital Padre Carollo

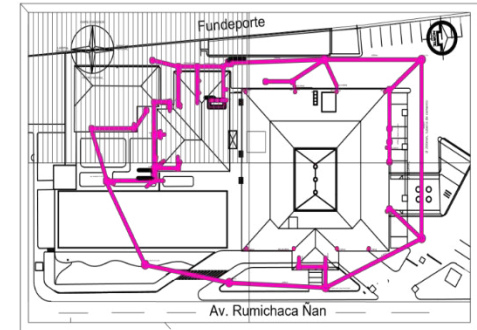
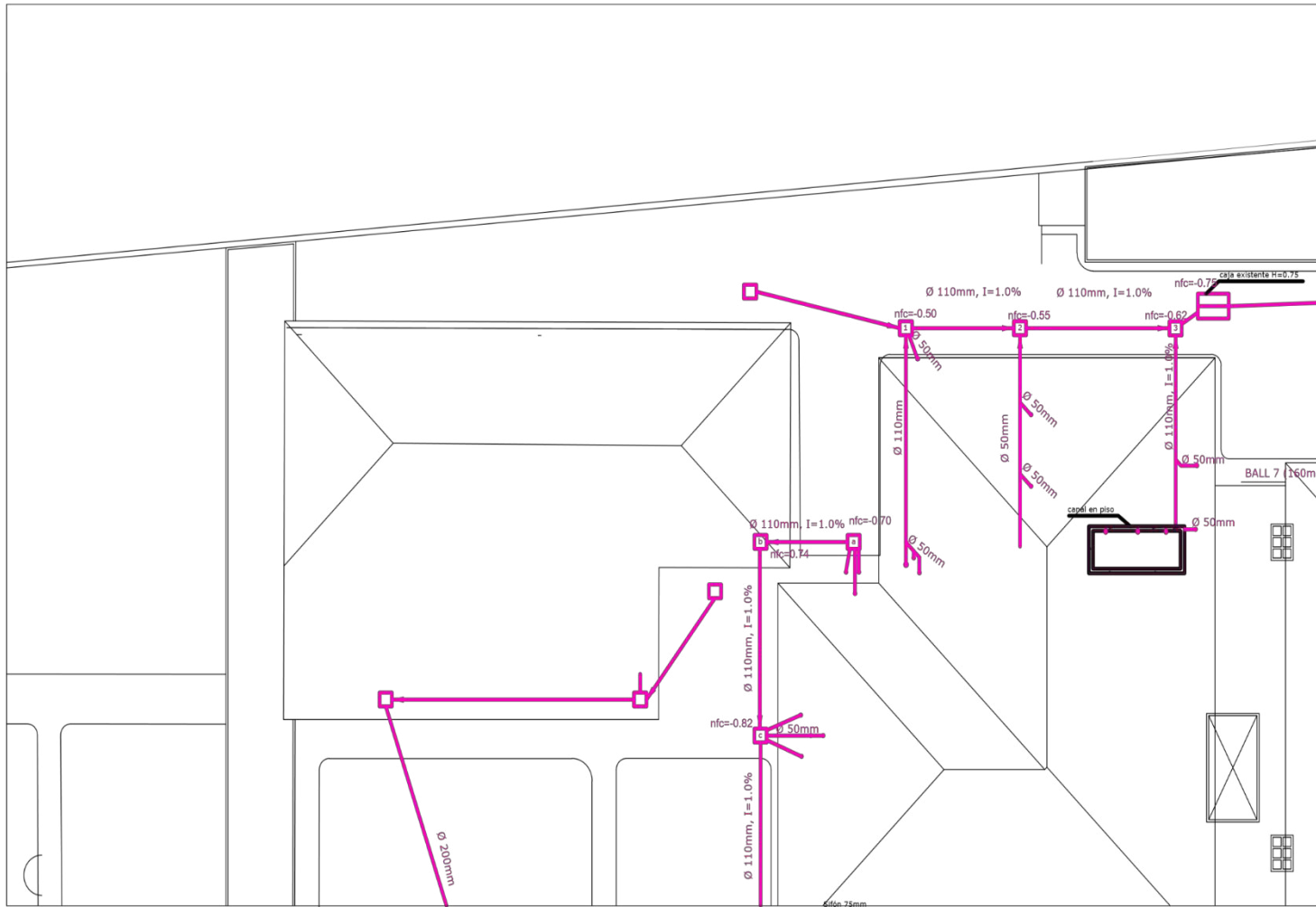
---

Escala 1:1

---

Integrantes: Luis Buenaño

## Sección 2 del sistema de alcantarillado hospitalario



**LEYENDA**

- CAJAS DE EMPLAME
- POZOS DE REVISIÓN
- DIRECCIÓN DE FLUJO
- ∅ DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
- I PENDIENTE DE TRAMO
- H ALTURA DE POZOS
- SISTEMA DE ALCANTARILLADO
- ▨ SECCIÓN 2

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
 ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS  
 AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

---

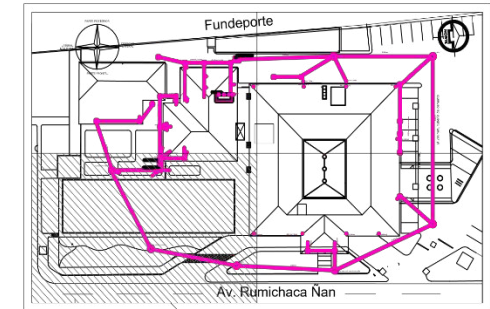
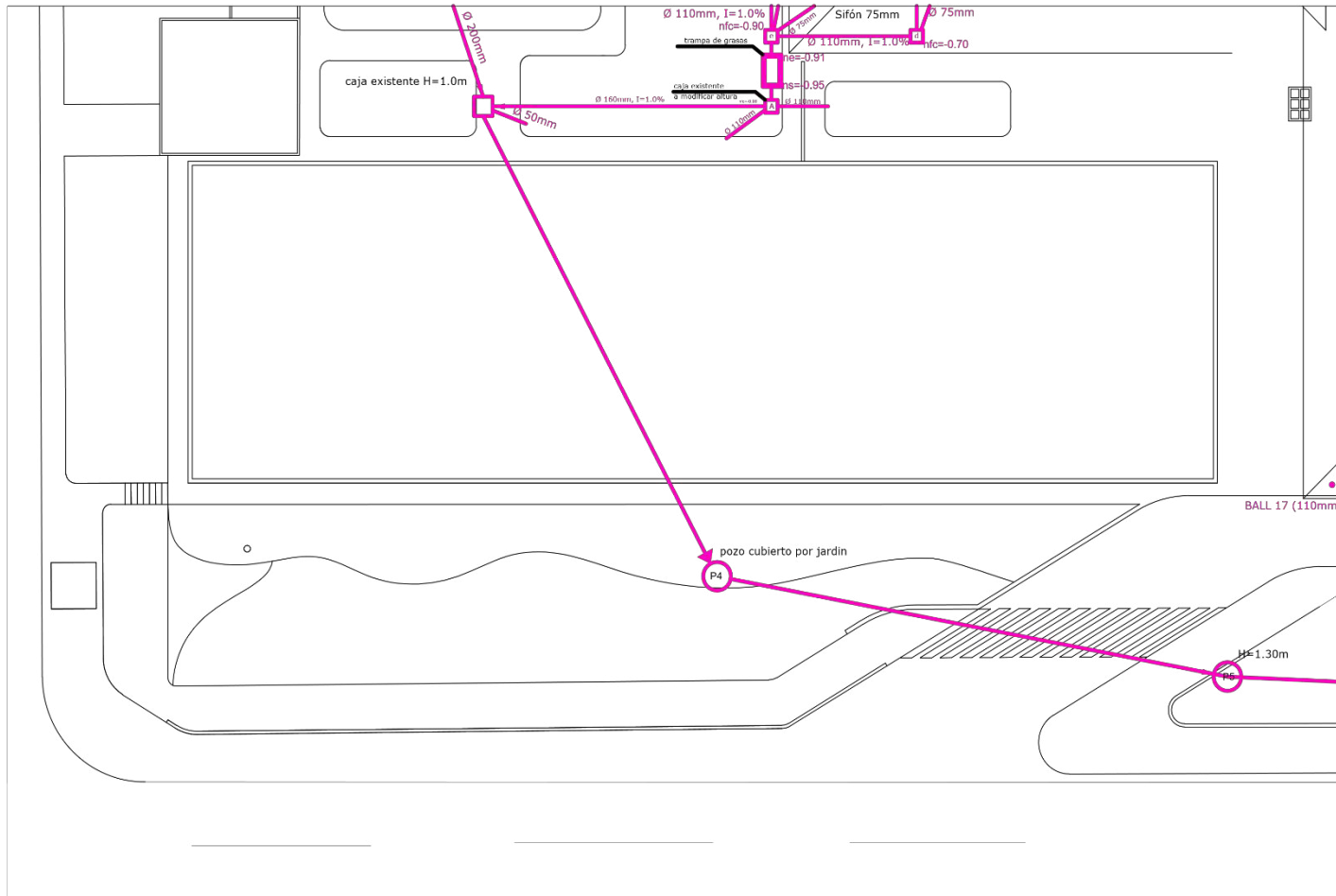
SISTEMA DE ALCANTARILLADO HOSPITALARIO

Hospital Padre Carollo

Escala 1:1

Integrantes: Luis Buenaño

### Sección 3 del sistema de alcantarillado hospitalario

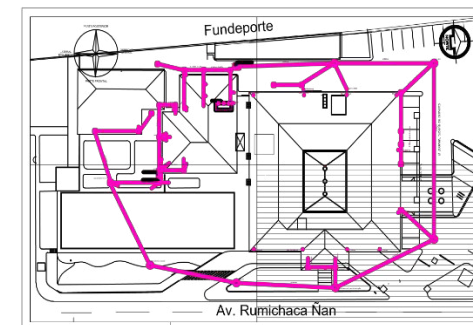
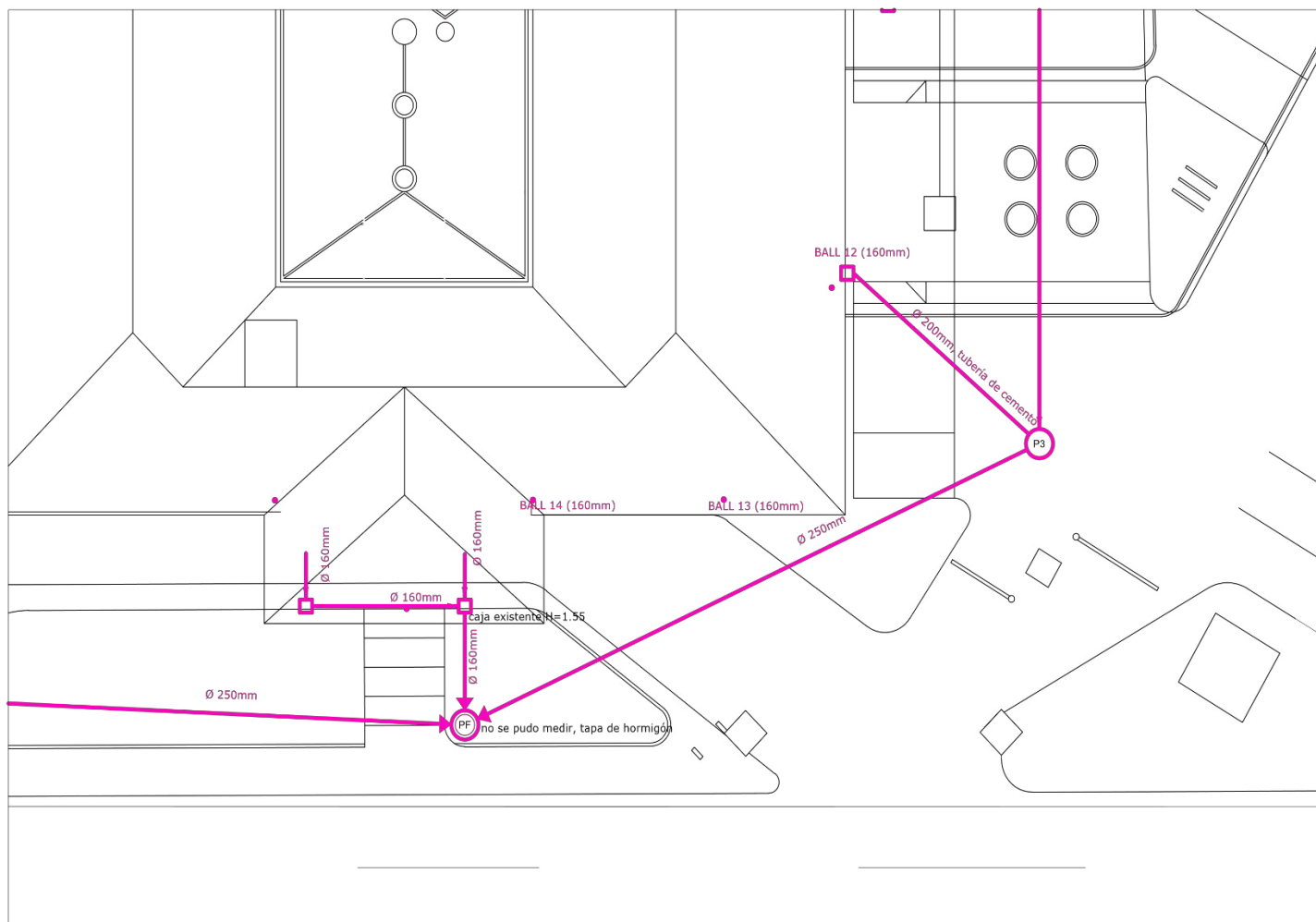


**LEYENDA**

- CAJAS DE EMPLAME
- POZOS DE REVISIÓN
- DIRECCIÓN DE FLUJO
- ∅ DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
- I PENDIENTE DE TRAMO
- H ALTURA DE POZOS
- SISTEMA DE ALCANTARILLADO
- ▨ SECCIÓN 3

<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL	
SISTEMA DE ALCANTARILLADO HOSPITALARIO	
Hospital Padre Carollo	
Escala 1:1	
Integrantes: Luis Buenaño	

## Sección 4 del sistema de alcantarillado hospitalario



**LEYENDA**

- CAJAS DE EMPLAME
- POZOS DE REVISIÓN
- DIRECCIÓN DE FLUJO
- ∅ DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
- I PENDIENTE DE TRAMO
- H ALTURA DE POZOS
- SISTEMA DE ALCANTARILLADO
- ▨ SECCIÓN 4

<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL	
SISTEMA DE ALCANTARILLADO HOSPITALARIO	
Hospital Padre Carollo	
Escala: 1:1	
Integrantes: Luis Buenaño	



## Anexo 2. Identificación de direcciones de flujo de pozos y cajas de empalme



## Anexo 3. Muestreo en el emisario final



#### Anexo 4. Muestreo en el sistema de trampas de grasas



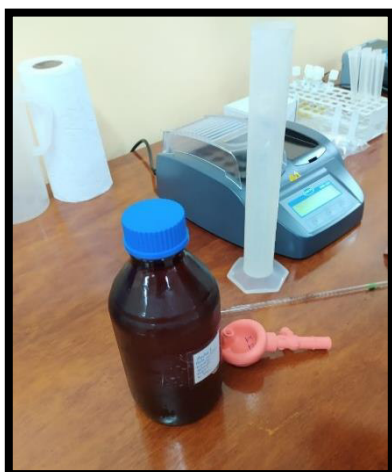
## Anexo 5. Muestreo en la planta de inertización



## Anexo 6. Almacenamiento y preservación de las muestras de agua



## Anexo 7. Análisis de muestras de agua en el laboratorio



## **Anexo 8. Plan de optimización de los procesos de tratamiento**

### **Introducción**

La institución de salud busca impulsar la excelencia y el mejoramiento continuo que permita garantizar la calidad de sus actividades al servicio de la comunidad, ofrece servicios de atención en emergencias, cirugías y hospitalización, etc. Las aguas residuales provenientes de las instituciones de salud, tienen una larga lista de contaminantes con una alta concentración de virus y bacterias patógenas que principalmente se encuentran en pequeñas cantidades, pero contienen un alto grado de peligrosidad.

La propuesta de optimización del sistema de trampa de grasas y proceso de inertización que se ejecutan en la institución de salud, busca cubrir la necesidad de incrementar los niveles de confianza, en cuanto a la aplicación de medidas in situ. Aplicar metodologías de análisis para establecer y evaluar, causas y efectos que permita aliviar y mejorar el funcionamiento, tanto de la trampa de grasas como del proceso de inertización.

Es de importancia analizar los procesos de tratamiento existentes en el hospital ya que estos inciden directamente en la calidad del efluente. La trampa de grasas funciona mediante la separación de densidades entre el agua y el aceite, de aguas provenientes de la cocina y comedor. El tratamiento de los fluidos corporales implica una desinfección con aire, agua e hipoclorito de sodio al 10%. Este es un proceso que se ejecuta de manera automática por medio de un panel de control.

### **Objetivo**

Plantear una propuesta de mejora para el sistema de trampa de grasas y proceso de inertización del hospital.

### **Metodología**

#### **Optimización para el proceso de inertización**

**Propuesta 1:** Recalculo de la dosificación de hipoclorito de sodio para disminuir el pH

La planta de inertización tiene una de las labores más importantes dentro de la institución de salud, las cirugías que se llevan a cabo en el hospital generan aguas residuales contaminadas con fluidos corporales, durante el muestreo el pH reportó un valor de 8.85.

El pH es básico, para la cual es necesario conocer las diferentes medidas correctivas que se pueden aplicar para evitar que sobrepase el límite permisible de 9 establecido en el TULSMA.

El recalcu de la dosificación se realiza mediante la fórmula **Ecuación 2**. Desinfección de agua en función del volumen de AR (Parra, 2021). Los datos necesarios para llevar a cabo el recalcu están establecidos por el fabricante que se presentan a continuación.

**Datos según el fabricante**

- Concentración de NaClO: 10%
- pH: 12 – 12.8
- Concentración de desinfección para hospitales: (0.4 – 0.5) %
- Biodegradable
- Corrosivo
- Tóxico

Datos de la dosificación aplicada

**Tabla 20.** Datos de la dosificación aplicada en el proceso de inertización.

<b>Dosificación 1</b>	<b>Dosificación 2</b>
Volumen de agua residual 200L	Volumen de agua residual 192L
Volumen de cloración 12L	Volumen de cloración 8L

Los datos fueron extraídos de la información proporcionada por el personal de mantenimiento y de la hoja de funcionamiento del proceso.

A continuación, se presenta la siguiente ecuación para el recálculo de la dosificación:

**Ecuación 2.** Desinfección de agua en función del volumen de AR (Parra, 2021).

$$V(\text{NaClO}) = \frac{D \times V(\text{AR})}{C_c}$$

V(NaClO): Volumen cloro (L)

D: Concentración ppm (0.4-0.5%)

V: Volumen AR 200 (L)

Cc: Concentración 10% NaClO

Usando la **Ecuación 2**. se obtiene:

$$V = 8L \text{ de NaClO}$$

En base al valor calculado, usando la ecuación 2 se elaboró una tabla de dosificación en función de del volumen de agua residual.

**Tabla 21.** Valores de dosificación del proceso de inertización.

Valores referenciales para la dosificación			
NaClO al 10%			
Volumen de AR	Compuesto	Concentración ideal	Inyección de cloro en (L)
160 litros	NaClO	4000ppm	6.4 L
180 litros	NaClO	4000ppm	7.2 L
200 litros	NaClO	4000ppm	8 L
220 litros	NaClO	4000ppm	8.8 L
240 litros	NaClO	4000ppm	9.6 L
260 litros	NaClO	4000ppm	10.4 L
280 litros	NaClO	4000ppm	11.2 L
300 litros	NaClO	4000ppm	12 L

Los valores de la tabla corresponden a la concentración de 0,4% que establece el fabricante para llevar a cabo la desinfección.

La dosis ideal calculada para eliminar los microorganismos indica que, por cada 200L de agua residual, se debe inyectar 8L de cloro líquido, el tiempo de exposición según el fabricante del producto debe ser mayor a 30min y menor a 4 horas.

**Ecuación 3.** Eficiencia de remoción de contaminantes (Romero Rojas, 1999).

$$\%R = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100$$

%R= Remoción (%)

Co= Concentración inicial

Cf= Concentración final

Usando la Ecuación 3. Se obtiene: %R= 43.48%

Es importante conocer el valor de la turbidez inicial y final, ya que, al ser un proceso de desinfección, los valores de turbidez deben ser bajos para que el tratamiento sea eficiente y se eliminen las bacterias, virus y patógenos.

**Tabla 22.** Remoción de turbidez en el proceso de inertización.

Parámetros	Inicial	Final	% de Remoción
Turbidez	4.60 NTU	2.60 NTU	43.48%

**Nota:** la turbidez es un parámetro que debe ser monitoreado en los procesos de desinfección.

La remoción de turbidez es fundamental en el proceso de inertización debido a la importancia que esta tiene durante la desinfección con hipoclorito de sodio. Los valores de turbidez reportados son bajos y el porcentaje de remoción está cerca del 50%.

La turbidez es un indicativo de contaminación por microorganismos, los microbios tienden a adherirse a la materia que se encuentra dispersa en el agua residual y por ende dificulta que la desinfección sea efectiva. (Baños, 2018)

A continuación, se presentan varias propuestas aplicables al proceso de inertización, estas necesitan tener un análisis costo/ beneficio.

**Tabla 23.** Métodos para disminuir el pH.

Métodos funcionales	Necita un análisis de costo/ beneficio
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test de la demanda de cloro efectivo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema dosificador de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico) que contrarresta la basicidad del agua mediante la dosificación de un ácido fuerte, de tal manera que este neutralice el pH alcalino a un pH neutro (6-8).</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de un burbujeador de CO<sub>2</sub> para controlar el pH de manera temporal</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar un sistema de CO<sub>2</sub> en la cámara de descarga en el proceso de inertización</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de un filtro de osmosis inversa</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de ácido muriático diluidos en cubos (necesita dilución), Uso de bisulfato de sodio (se aplica directamente)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de musgo y hojas de almendra en un filtro</li> </ul>	

**Fuente:** Alianza mundial de acuicultura, 2020



La demanda de cloro es un ensayo que se realiza en procesos avanzados de tratamiento para conocer la cantidad de cloro efectiva que se necesita adicionar en el proceso para oxidar y matar todos los microorganismos patógenos (Métodos estándar, 2020).

En el ensayo se estudia las diferentes horas de exposición de cloro líquido, de tal manera que permite obtener la demanda de cloro que se necesita adicionar en el proceso, este proceso es eficaz debido a que se puede monitorear los niveles del pH. (Métodos estándar, 2020)

## Optimización para el sistema de trampas de grasas

### Propuesta 1: Aplicación de medidas correctivas in situ

El sistema de trampas de grasas trata el efluente que se origina en el comedor y la cafetería de la institución de salud, según el resultado del análisis ejecutado en el emisario final, las grasas y aceites se encuentran dentro del límite permisible, si bien este parámetro cumple con los rangos de descarga, es importante conocer medidas las correctivas y aplicarlas en el proceso.

- En base a los datos, observaciones y hojas de funcionamiento se determinó que las trampas de grasa cumplen su función, pero se necesita aplicar medidas in situ que favorezcan el proceso.
- Si bien el proceso unitario trata el efluente con una gran cantidad de grasas y aceites, como se muestra en la **Figura 41**. Valores reportados de grasas y aceites del hospital, es de vital importancia conocer medidas y sugerencias planteadas por los fabricantes, con el fin de reducir la carga contaminante de ingreso al sistema.

**Tabla 24.** Medidas correctivas para la optimización de la trampa de grasas.

Acciones correctivas	Resultados
✓ No descargar aceites por las cañerías una vez dado el uso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evita el taponamiento de tuberías</li><li>• Reduce el tiempo de separación entre la fase de agua y aceite.</li></ul>
✓ Retirar el exceso de grasa de los trastes con agua fría	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evita la acumulación de grasas/aceites en el sistema de tratamiento unitario.</li><li>• Mantenimiento menos frecuente.</li></ul>
✓ Evitar enviar restos de comida, sólidos y basura a las trampas de grasa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reduce el tiempo de separación entre las fases del agua/aceite.</li><li>• Aumenta la eficiencia del proceso</li><li>• Reduce la turbidez</li></ul>
✓ Implementación de una contra canasta	<ul style="list-style-type: none"><li>• Retiene y evita el paso de partículas que no sean aceites y grasas.</li></ul>

Las medidas correctivas establecidas pertenecen a las sugerencias emitidas por la mayoría de los fabricantes de trampas de grasas del mercado nacional.

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de remoción según la **Ecuación 3**.

**Tabla 25.** Porcentajes de remoción del sistema de trampas de grasa.

<b>Valores encontrados</b>			
Trampa de grasas secundaria			Porcentajes de remoción (%)
<b>Parámetros</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	
Turbidez	206 NTU	152 NTU	26.21 %
Grasas/ aceites	82.5 mg/L	111.3 mg/L	-
SAAM	58.5 mg/L	47.8 mg/L	18.30 %
Trampa de grasas principal			
<b>Parámetros</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	
Turbidez	339 NTU	337 NTU	0.59 %
Grasas/ aceites	2298.7 mg/L	2267. 4 mg/L	1.36 %
SAAM	12.8 mg/L	10.7 mg/L	16.40 %

El % nos permite apreciar únicamente un valor referencial en cuanto al funcionamiento del proceso.

En el sistema de trampa de trampa de grasas secundaria no se pudo obtener un porcentaje referente a la remoción de la carga contaminante (grasa/aceites), debido a que se abrió la válvula de paso para vaciar la cámara de separación líquida, ya que esta estaba al límite de su capacidad. El procedimiento se realizó a la trampa de grasas secundaria, minutos antes de empezar el muestreo, por lo tanto, el afluente y efluente son distintos.

En el sistema de trampa de trampa de grasas principal se obtuvo un valor de 1.36% de la carga contaminante removida, estos valores de las grasas y aceites son altos, debido a que presentan una interferencia, la poca cantidad de agua muestra en la cámara de descarga y la presencia evidente de una considerable capa de grasas y aceites en la superficie de la cámara de concreto. La cual dificultó la toma de una muestra representativa, lo que evidencia el funcionamiento de proceso y a su vez la retención de grasas y aceites. La capa de grasa presente en la superficie no pudo ser removida de la cámara de concreto, debido a que estas grasas necesitan ser pesadas y entregadas en una hoja de registro al gestor ambiental del hospital, para su disposición final, tal como se manifiesta en el plan de manejo ambiental del hospital.

## Conclusiones

- El proceso de inertización del hospital trata las aguas residuales provenientes del quirófano, para desinfectar los fluidos corporales se emplea hipoclorito de sodio al 10%. Este al ser un desinfectante/ oxidante fuerte, incide directamente en el incremento del pH. Por cada 200L de agua residual contaminada con fluidos corporales, se necesita 8L de (*NaClO*) para una desinfección efectiva.
- Se concluye que, la remoción de turbidez en el proceso de inertización es efectiva ya que se alcanza valores cercanos al 50% y un valor de turbidez menor a < 3 NTU.
- Se determina que el sistema de trampa de grasas desenvuelve un papel muy importante en la institución de salud ya que, sin este proceso, el sistema de alcantarillado tendría graves problemas de taponamiento por obstrucción y acumulación de sedimentos.
- Se concluye que, al aplicar medidas *insitu* sugeridas por la mayoría de proveedores del mercado nacional, la carga contaminante del sistema de trampas de grasas se aliviana, por lo tanto, el tiempo de separación entre residuos sólidos y líquidos se realiza en menor tiempo.

## Recomendaciones

- Establecer un plan de muestreo semestral, para la ejecución de futuras evaluaciones de las descargas hospitalarias.
- Implementar una planta de tratamiento de aguas residuales, utilizando los datos de la caracterización del efluente e información de los procesos unitarios de tratamiento.
- Dar un mantenimiento adecuado a la trampa de grasas y al proceso de inertización para garantizar su óptimo funcionamiento.

